



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

TOMI RAUTIAINEN
RAKENNUSTEN LÄMMÖNERISTYSMÄÄRÄYKSET 2010
TÄYTTÄVÄT RAKENTEET

Diplomityö

Tarkastaja: professori Ralf Lindberg
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Rakennustekniikan
tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 9. kesäkuuta 2010

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

RAUTIAINEN, TOMI: Rakennusten lämmöneristysmääräykset 2010 täyttävät rakenteet

Diplomityö, 39 sivua, 219 liitesivua

Syyskuu 2010

Pääaine: Rakennustekniikka

Tarkastaja: professori Ralf Lindberg

Avainsanat: lämmöneristys, U-arvo, eriste, lämmin tila, puolilämmin tila, ilmanpitävyys

Uusien rakennuksien lämmöneristävyysvaatimukset kiristyivät huomattavasti vuoden 2010 alusta. Uusien rakennuksien energian kulutusta pyritään vähentämään noin 30 prosenttia aikaisemmasta vaatimustasosta. Edellinen muutos lämmöneristävyysvaatimuksiin oli 2007. Kiristyvien vaatimusten täyttämiseksi osa eristevalmistajista on kehittänyt myös tuotteitaan, jotta vaatimukset voitaisiin täyttää ohuemmilla rakenteilla. Lämmöneristävyyden laskennassa on siirrytty käyttämään eurokoodien mukaista laskentaa, jossa käytetään λ_{Desing} arvoja. Suomen rakennusmääräyskokoelman mukaisessa laskennassa käytettäviä λ_n arvoja valmistajat eivät yleensä ilmoita enää tuotteilleen. Eurokoodien mukainen laskenta on ollut talonrakentamisessa mahdollista 1.11.2007 alkaen. Eurokoodien mukainen laskenta on tällä hetkellä tulossa pakolliseksi vuoden 2011 aikana. Rakennuksen energian kulutukseen vaikuttaa oleellisesti rakenteiden ja liitoksien ilmatiiviys. Suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota, että rakenteet ovat ilmatiiviitä. Lisäksi rakenteiden liitoksien tulee olla mahdollista toteuttaa tiiviisti työmaalla.

Rakennusurakoitsijat käyttävät yleensä tietyn eristevalmistajan tuotteita. Eri valmistajien vastaavien eristeiden erilaiset eristävyysarvot aiheuttavat ongelmia esimerkiksi mineraalivilloilla. Kun rakenne on suunniteltu tietyllä eristeellä ja urakoitsija haluaa vaihtaa sen toisen valmistajan tuotteeseen, mutta valmistajan eristävyysarvo on erilainen ja vastaavaa ei kyseiseltä valmistajalta löydy. Tämä aiheuttaa sen että rakennetta jouduttaisiin paksuntamaan. Tällaiset muutokset vaikuttavat yleensä moneen eri paikkaan ja voi olla, että siinä suunnitteluvaiheessa muutos voi olla mahdoton. Suunnittelussa ei tulisi suosia vain tiettyä toimittajaa vapaan kilpailun nimissä, jos suunnittelun alkuvaiheessa on tiedossa käytettävät eristeet tällöin ei ongelmia ole.

Työn tarkoituksena on tutkia yleisesti suomessa käytettävät eristeet ja niiden lämmöneristävyysominaisuudet ja luoda Joensuun Juva Oy:lle suunnittelussa käytettävät ulkovaipan rakennetyypit. Rakennetyypit tehdään niin, että eri toimittajien eristeitä voidaan käyttää. Tällöin vältetään hankalilta muutoksilta rakentamisen aikana. Rakennetyypit tehdään myös käyttäen tiettyjen toimittajien eristeistä, käyttäen apuna mahdollisesti toimittajan antamia rakennetyyppejä. Rakennetyyppeiden u-arvojen laskennassa käytetään eurokoodien mukaista laskentaa.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil Engineering

RAUTIAINEN, TOMI: Building components which fill buildings' thermal resistance orders 2010

Master of Science Thesis, 39 pages, 219 Appendix pages

September 2010

Major: Building technology

Examiner: Professor Ralf Lindberg

Keywords: Thermal resistance, U-value, insulation, warm facility, half warm facility, airtight

The requirements of the thermal resistance for new buildings were substantially tightened at the beginning of year 2010. The objective is to decrease energy consumption of the new buildings by 30 %. The previous renewal for the requirements of the thermal resistance was executed on 2007. While reaching new tightened requirements, some of manufacturers of insulating materials have developed their products in order to overtake the target level with thinner structure. The thermal resistance calculation has been entered to calculate according to euro codes. λ_{Desing} values are used.

Manufacturers do not prefer to use λ_n values of the Finnish assembly of building regulations anymore. Calculations by eurocodes have been facilitated since 1st of November 2007. Calculations only by using eurocodes are pending obligatory at within year 2011. An essential factor in energy consumption of the building is the air proof of structures and hermetic joints. There must be paid attention to the method of implementation of airtight structures and their joints in design procedure that those are feasible to seal hermetically.

The building contractors use to prefer products of the specific insulator manufacturer. Comparing to the same insulator from different manufacturers, different insulating values affect problems. This can be well noticed with mineral wool. At starting point, the structure has been designed to implement by specific insulator, in case of building contractor wants to change it to the product of different producer, the insulating value is diverging and completely similarly matching material cannot be found. The end result is that the structure should be thickened. That kind of changes affect to the several sections and can bring the situation to the point where the change in that specific designing stage is impossible. There should not be favoured any particular supplier in order to make business in free competition mentality. In order to avoid this problem and provide the quality of the building, the materials utilized in a production should be selected and agreed finally at the beginning stage of designing procedure.

The objective of this Master of Science Thesis is to research commonly used insulating materials and their thermal resistance properties and create types of oversheath for the use of design procedure in Joensuu Juva Oy. Types will be chosen from several suppliers' product assortment thus the insulating materials are comparable between producers.

On that way, it's possible to manage avoiding problematic changes during building phase and secure the end result of the structures. Types of oversheath/structure will be created by using insulating materials of many suppliers and utilizing also the structure types which these suppliers have brought out. Calculation of u-values of different types will be made by using euro codes.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty omasta aloitteesta Joensuun Juva Oy:lle. Työn tarkoituksena on selvittää eristysmateriaalien suurta kirjoa ja helpottaa siirtymistä uusiin eristysvaatimuksiin ja eurokoodien mukaiseen U-arvo laskentaan.

Haluan esittää kiitokseni kaikille työhöni osallistuneille yhteistyöstä. Erityiskiitokset kuuluvat professori Ralf Lindbergille työn tarkastamisesta sekä toimitusjohtaja Pasi Mäkiselle työn tarkastamisesta ja mahdollisuudesta toteuttaa työ Joensuun Juva Oy:lle.

Suuret kiitokset kuuluvat myös työkavereille neuvoista ja myönteisestä suhtautumisesta työtäni kohtaan.

Joensuussa 25.10.2010



Tomi Rautiainen

SISÄLLYS

Tiivistelmä	II
Abstract	III
Alkusanat	IV
Termit ja niiden määritelmät	VII
1. Johdanto	1
2. Rakennusten lämmöneristys C3:n mukaan	2
2.1. Määräysten soveltamisala	2
2.2. Määräyksessä esiintyvät tilat	2
2.3. Rakennusosat ja rakenteiden ilmanpitävyys	3
2.4. Rakennuksen vaipan lämmöneristys	3
2.5. Rakennuksen vaipan osien lämmönläpäisykertoimien ja rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvot	4
2.5.1. Lämmin, erityisen lämmin tai jäähdytettävä kylmä tila	4
2.5.2. Puolilämmin tila	5
2.5.3. Rakennusosa	6
2.5.4. Ikkunapinta-ala	6
2.6. Rakennuksen erilaisten tilojen välinen lämmöneristys	7
3. Lämmöneristeet	8
3.1. EPS-eristeet	8
3.1.1. Lattiaeristeet	9
3.1.2. Routaeristeet	9
3.1.3. Seinäeristeet	10
3.1.4. Kattoeristeet	10
3.1.5. Erikoistuotteet	11
3.2. XPS-eristeet	11
3.2.1. Lattiaeriste	11
3.2.2. Routaeristys, salaojitettu	12
3.2.3. Routaeristys, salaojittamaton	12
3.3. Mineraalivillat	12
3.3.1. Pehmeät eristeet	12
3.3.2. Loivien kattojen eristeet	13
3.3.3. Rappauseristeet	14
3.3.4. Betonielementtieristeet	14
3.3.5. Tuulensuojaeristeet	14
3.3.6. Puhalluseristeet	15
3.4. Puukuitueristeet	15
3.4.1. Levyeristeet	16
3.4.2. Huokoiset puukuitulevyt	16
3.4.3. Puhalluseristeet	16
3.5. Puu	17

3.6. PUR-eristeet	17
3.7. Kevytbetoni	18
3.7.1. Kevytbetoniharkot ja elementit.....	18
3.7.2. Kevytbetonieristeharkot.....	19
3.8. Kevytsora	19
3.8.1. Kevytsora.....	19
3.8.2. Perusharkot	20
3.8.3. Eristeharkot.....	20
3.9. Betonieristemuottiharkot.....	21
3.10. Pelti-sandwich-elementit.....	21
3.10.1. Mineraalivillaeriste.....	21
3.10.2. EPS-eriste	21
3.10.3. PUR-eriste	22
4. Rakennetyypit	23
4.1. Laskelmat	23
5. Yhteenveto	25
Lähteet.....	27
Liitteet	29

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

C3	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C3, rakennusten lämmöneristys [1,2].
C4	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C4, rakennusten lämmöneristys [4].
D3	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3, rakennusten energiatehokkuus [3].
G3	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa G3, asunto-suunnittelu [7].
EPS	Paisutettu polystyreenimuovi (expanded polystyrene).
Erityisen lämmin tila	Tila, jossa lämpötila on jatkuvasti tai ajoittain korkea verrattuna lämpimään tilaan.
Jäähdytetty kylmä tila	Tila, jossa jäähdytys- ja mahdollisella lämmityslaitteistolla pidetään ympärivuotisesti käyttötarkoituksen mukaista alle +17 °C lämpötilaa.
L	Ilmanläpäisevyys. Yksikkö $\text{m}^3/\text{m s Pa}$.
Lämmin tila	Tila, jonka lämpötila lämmityskaudella oleskelu- tai muista syistä on +17 °C tai sitä korkeampi.
Lämmittämätön tila	Tila, jota ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun lämmityskaudella ja jota ei tarkoituksellisesti lämmitetä.
PUR	Polyuretaanieriste
Puolilämmin tila	Tila, jota ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun pelkästään normaalia sisävaatetusta käyttäen. Lämpötila pidetään lämmityskaudella keskimäärin vähintään +5 °C, mutta enintään +17 °C.
Tasauslaskelma	Tasauslaskelmalla tarkastetaan, että rakennuksen lämpöhäviö on enintään yhtä suuri kuin määräykset täyttävän vertailurakennuksen lämpöhäviö.
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin, kuvaa lämpövirran tiheyttä jatkuvuustilassa rakennusosan läpi, kun lämpötila rakennusosan eri puolilla on yksikön suuruinen. Yksikkö $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.
XPS	Suulakepuristettu polystyreenimuovi (extruded polystyrene).
$\lambda_{\text{Declared}}$	Lämmönjohtavuuden ilmoitettuarvo. Lämmöneristeen koko tuotantoa karakterisoiva tekninen ominaisuus, jota käytetään lämmönjohtavuuden suunnitteluvarvon määrittämisen lähtötietona.
λ_{Design}	Lämmönjohtavuuden suunnitteluvarvo. Lämmönläpäisykerroimen laskennassa käytettävä lämmönjohtavuuden suunnitteluvarvo.

λ_n

Normaalinen lämmönjohtavuus. Tyypinhyväksyntäpäätöksissä tai C4:ssä annettuja normaalisia lämmönjohtavuuden arvoja, joita käytetään lämmönjohtavuuden suunnitteluarvona RakMK:n osan C4 mukaisessa laskennassa.

1. JOHDANTO

Aloite tämän diplomityön tekemiseen on lähtöisin omasta ja yrityksen tarpeesta käytännön työelämässä. Uusien rakennuksien lämmöneristävyysvaatimukset kiristyivät huomattavasti vuoden 2010 alusta. Tämä aiheutti sen, että nykyisiä rakennetyyppejä ei voi enää käyttää, joten rakennetyyppien päivitys oli tarpeellinen.

Eurokoodien käyttö talonrakentamisen laskennassa suomessa tuli mahdolliseksi 1.11.2007 ja eurokoodien mukainen laskenta on tulossa tällä hetkellä pakolliseksi vuoden 2011 aikana. Eristetoimittajat ovat alkaneet ilmoittaa tuotteiden ominaisuudet eurokoodilaskelmien lähtötietojen mukaisesti. Tämä on aiheuttanut sekaannusta rakenteiden lämmönläpäisevyysarvojen laskennassa. Tämän työn tavoitteena on selvittää laskelmissa käytettäviä arvoja ja tehdä laskelmapohjat laskelmia varten, sekä tehdä yleisimmistä ulkovaipan rakenteista valmiit rakennetyypit.

Työssä tutustutaan aluksi uusiin Suomen rakennusmääräyskokoelman lämmöneristävyysvaatimuksiin, jonka jälkeen tutkitaan ja vertaillaan eri eristevalmistajien ilmoittamia tuotteiden eristävyysominaisuuksia. Tutkimuksen perusteella valitaan eri eristetyypeille laskennassa käytettävät yleiset lähtötiedot. Lähtötiedoissa pyritään siihen, että mahdollisimman monen valmistajan tuotteiden käyttö lopullisessa rakenteessa on mahdollista.

Rakennetyypit tehdään yleisimmistä asuin- ja toimistorakentamisessa esiintyvistä ulkovaipan rakenteista. Laskelmat suoritetaan eurokoodien mukaan käyttämällä apuna suomen rakennusinsinööriliiton RIL r.y:n tekemää sovellusohjetta. Lähtötietoina ja suunnitteluarvoina laskelmissa käytetään eurokoodien, Suomen rakennusmääräyskokoelman, sovellusohjeen ja tämän tutkimuksen perusteella saatuja arvoja.

2. RAKENNUSTEN LÄMMÖNERISTYS C3:N MUKAAN

Suomessa rakennusten lämmöneristys määräykset esitetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 [1]. Rakennusten lämmöneristys määräyksiä tiukennettiin 1.1.2010 alkaen. Edellinen muutos määräyksiin oli 1.1.2008 [2]. Tuolloin muutokset olivat vähäisiä. Vuoden 2010 kiristykset olivat merkittäviä, parannukset olivat 29 - 40 % riippuen rakennusosasta.

2.1. Määräysten soveltamisala

C3:n määräykset koskevat uusia rakennuksia, joissa energiaa käytetään lämmitykseen tai mahdollisesti jäähdytykseen tarkoituksenmukaisen sisälämpötilan saavuttamiseksi.

Määräykset eivät kuitenkaan koske seuraavia rakennuksia:

- a) Tuotantorakennusta, jossa tuotantoprosessin luovuttama lämpöenergia yksinään tai vähäinen lisälämmitysenergia, riittää halutun sisälämpötilan aikaan saamiseen. Tai tuotantotilaa, jossa lämmityskauden ulkopuolella runsas lämmöneristys nostaisi haitallisesti sisälämpötilaa tai lisäisi oleellisesti jäähdytysenergiankulutusta.
- b) Loma-asuntoa, jota ei ole tarkoitettu kokovuotiseen tai talviaikaiseen käyttöön.
- c) Kasvihuonetta, väestönsuojaa tai muuta vastaavaa rakennusta, jonka käyttöä tarkoitukseensa määräyksien noudattaminen kohtuuttomasta vaikeuttaisi. [1].
- d) Lämmittämättömät rakennukset.

2.2. Määräyksessä esiintyvät tilat

Rakennuksen tilat jaotellaan mitoittavan tai käyttölämpötilan mukaan: erityisen lämpimään, lämpimään, puolilämpimään, jäähdytettävään kylmään tai lämmittämättömään tilaan.

- Erityisen lämpimällä tilalla tarkoitetaan tilaa, jossa lämpötila on jatkuvasti tai ajoittain korkea verrattuna lämpimään tilaan. Esim. löylyhuone.
- Lämpimällä tilalla tarkoitetaan tilaa, jonka lämpötila lämmityskaudella oleskelu- tai muista syistä on $+17\text{ °C}$ tai sitä korkeampi.
- Puolilämpimällä tilalla tarkoitetaan tilaa, jota ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun pelkässä sisävaatetuksessa. Tilan lämpötilana pidetään lämmityskaudella keskimäärin vähintään $+5\text{ °C}$, mutta enintään $+17\text{ °C}$ tai tilan

lämpötila pidettäisiin näissä rajoissa ilman tuotantoprosessin luovuttamaa lämpöä.

- Jäähdytettävällä kylmällä tilalla tarkoitetaan tilaa, jossa jäähdytys- ja mahdollisella lämmityslaitteistolla pidetään ympärivuotisesti käyttötarkoituksen mukaista alle +17 °C lämpötilaa. Esim. viileät kellari- ja varastotilat.
- Lämmittämättömällä tilalla tarkoitetaan tilaa, jota ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun lämmityskaudella ja jota ei tarkoituksellisesti lämmitetä. Lämmittämättömän tilan sisälämpötila seuraa yleensä ulkoilman lämpötilaa. Esim. lasitetut parvekkeet ja lämmittämättömät autotallit. [1].

2.3. Rakennusosat ja rakenteiden ilmanpitävyys

Rakennuksen vaipalla tarkoitetaan rakennusosista koostuvaa rakennetta, jolla erotetaan rakennuksen erityisen lämpimiä, lämpimiä, puolilämpimiä tai jäähdytettäviä kylmiä tiloja ulkoilmasta, maaperästä, lämmittämättömästä tilasta tai toisistaan. Vaipalla ei tarkoiteta tilojen sisällä erilaisia tiloja jakavia rakenteita. [1].

Rakennusosien, jotka toimivat rakennuksen vaippana tulee olla lämpö- ja kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan sellaisia, että rakennuksen käyttötarkoituksen mukaiset sisäilmasto-olot saavutetaan energiatehokkaasti. Erityisen lämmintä tai jäähdytettävää kylmää tilaa rajoittavien rakennusosien ominaisuudet tulee lisäksi olla sellaisia, ettei tilojen käytöstä aiheudu haittaa viereisten tilojen käytölle tai rakenteille. [1].

Rakennuksen vaipan ja tilojen välisten rakenteiden tulee olla niin ilmanpitäviä, että mahdolliset ilmavirtaukset eivät aiheuta merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjälle tai rakenteille ja rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä voi toimia suunnitellusti. Rakenteiden tulee säilyttää ilmantiiviytensä käytön aikaisissa rasituksissa. Tarvittaessa rakenteisiin on tehtävä erillinen ilmansulku. Huomiota tulee myös kiinnittää rakenteiden liitoksiin ja läpivientien suunnitteluun ja rakennustyön huolellisuuteen. Liittyvien rakennusosien kuten ikkunoiden ja ovien liitokset rakenteisiin tulee olla myös ilmanpitäviä. Liitoksien tiivistämiseen käytettävien aineiden ja tarvikkeiden tulee olla sellaisia, että ne kestävät käytössä esiintyvät rasitukset oleellisesti vaurioitumatta eivätkä aiheuta vaurioitumisen vaaraa ympäröiville rakenteille. [1].

2.4. Rakennuksen vaipan lämmöneristys

Rakentamismääräyskokoelman osassa C3 on määritelty rakennuksen vaipalle sallittu lämpöhäviö, vaipan osien lämmönläpäisykertoimien vertailuarvot ja sallitut enimmäisarvot.

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri kuin vertailuarvoilla laskettu rakennuksen vaipan lämpöhäviö. Vaipan lämpöhäviö saa kuitenkin olla 30 prosenttia suurempi kuin vertailuarvoilla laskettu vaipan lämpöhäviö, jos lämpöhäviön ylitys tasataan pienentämällä rakennuksen vuotoilman tai ilmanvaihdon lämpöhäviötä.

[1]. Laskelma suoritetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 [3] mukaisesti. Tästä laskelmasta käytetään nimitystä tasauslaskelma, jossa näytetään määräysten toteutuminen.

Rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, yläpohjan tai alapohjan lämmönläpäisykerroin saa C3:n mukaan olla enintään $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ikkunoille lämmönläpäisykertoimen enimmäisarvot ovat lämpimissä tiloissa $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja puolilämpimissä tiloissa $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Rakennusosien oikeaan lämpö- ja kosteustekniseen toimintaa tulee kiinnittää huomiota erityisesti silloin, kun rakennusosien lämmönläpäisykertoimen arvot alittavat C3:ssa esitetyt vertailuarvot. Routaeritys suunnitellaan huomioiden alapohjan ja perusmuurin lämmöneristys, että vältetään routavaurioita. Erityistä huomiota tulee kiinnittää routaeristyksen suunnitteluun ja asentamiseen, kun alapohjan lämmönläpäisykertoimen arvot alittavat C3:ssa esitetyt vertailuarvot. [1].

Rakennusosien lämmönläpäisykertoimet lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 [4] mukaan tai vaihtoehtoisesti vastaavien SFS-EN -standardien mukaan. Rakennuskomponenttien ja -osien lämmönjohtavuus ja lämmönläpäisykertoimen laskentamenetelmä on esitetty standardissa SFS-EN ISO 6945 [5]. Lämmönläpäisykertoimia laskettaessa C4:n ohjeiden mukaan tulee lämmöneristeiden lähtötietoina käyttää tyyppihyväksyntäpäätöksissä tai C4:ssä annettuja normaalisia lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoja. Soveltuvan standardin mukaan laskettaessa käytetään lähtötietoina standardissa SFS-EN 10456 Rakennusaineet ja tuotteet, menetelmät ilmoitetun lämpöteknisen arvon ja lämpöteknisen suunnitteluarvon määrittämiseksi [6] esitetyllä periaatteella määritettyjä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}). Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon määrittämisen lähtötietoina käytetään lämmöneristeen koko tuotantoa karakterisoivaa ilmoitettua lämmönjohtavuutta ($\lambda_{\text{Declared}}$). Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. on julkaissut ohjeen RIL 225-2004 standardien 10456 ja 6946 soveltamiseen [7].

2.5. Rakennuksen vaipan osien lämmönläpäisykertoimien ja rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvot

2.5.1. Lämmin, erityisen lämmin tai jäähdytettävä kylmä tila

Rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvon laskennassa rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti käytetään lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U C3:n mukaan seuraavia vertailuarvoja:

Seinä	$0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
-------	------------------------------

hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180mm)	0,40 W/m ² K
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,16 W/m ² K
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,0 W/m ² K

Rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, yläpohjan tai alapohjan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 0,60 W/m²K. Ikkunoille lämmönläpäisykerroimen enimmäisarvo 1,8 W/m²K. [1].

2.5.2. Puolilämmin tila

Rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvon laskennassa rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti käytetään puolilämpimän tilan rakennusosien lämmönläpäisykerroimina U C3:n mukaan seuraavia vertailuarvoja:

Seinä	0,26 W/m ² K
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180mm)	0,60 W/m ² K
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,26 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,24 W/m ² K
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,4 W/m ² K

Rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, yläpohjan tai alapohjan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ikkunoille lämmönläpäisykerroimen enimmäisarvo $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. [1].

2.5.3. Rakennusosa

Rakennusosan pienen osan (kylmäsilta) lämmönläpäisykerroin saa olla suurempi kuin vertailuarvoina on esitetty, mikäli tämä on tarpeellista lujuus- tai muista erityisistä syistä. ”Tämä poikkeaminen vaatimuksista ei saa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä tai liian korkeaa suhteellista kosteutta rakenteen pinnassa tai rakenteessa rakennusta normaalisti käytettäessä.” [1].

2.5.4. Ikkunapinta-ala

Rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvon laskennassa rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti käytetään rakennuksen yhteenlasketun ikkunapinta-alan vertailuarvona C3:n mukaan 15 prosenttia rakennuksen kokonaan tai osittain maanpäällisten kerrosten kerrostasoalojen summasta, mutta kuitenkin enintään 50 prosentti rakennuksen julkisivupinta-alasta. Ikkunan pinta-alan laskennassa ikkunan mittoina käytetään kehän ulkomittoja. [1]

Ikkunapinta-alassa tulee huomioida asuinhuoneen luonnonvalon saannista sekä ikkunan valoaukon vähimmäiskoosta annetut säännökset Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa G1 [8].

2.6. Rakennuksen erilaisten tilojen välinen lämmöneristys

Tilan rajoittuessa puolilämpimään tilaan rakennusosakohtainen lämmönläpäisykerroin U ei saa ylittää seuraavia arvoja:

Seinä	0,60 W/m ² K
välipohja	0,60 W/m ² K
ikkuna, ovi	2,8 W/m ² K

Jäähdytettävän kylmän tilan, muiden tilojen välisen seinän sekä välipohjan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 0,27 W/m²K ja oven enintään 1,4 W/m²K. [1].

3. LÄMMÖNERISTEET

Rakennuksissa mahdollisesti käytettäviä eristeitä on monenlaisia ja toimittajia on useita. Tuotteiden ominaisuudet vaihtelevat toimittajien ja eri tuotteiden välillä. Tässä osiossa tutkitaan Suomessa yleisesti käytössä olevia eri toimittajien eristeitä ja niiden ominaisuuksien eroja toimittajien välillä. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää pääasiassa tuotteiden lämmönläpäisykertoimen laskentaan vaikuttavien ominaisuuksien, kuten lämmönjohtavuuden ja ilmanläpäisevyyden erot.

Tarkoituksena on laatia eri eristetyypeille käytettävät yleiset lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot, huomioiden suojaus- ja asennustapa sekä kosteustila. Näitä arvoja voitaisiin käyttää laskelmissa, tällöin laskelmat pitäisivät paikkansa vaikka eriste-toimittaja vaihtuu. Tämä on koettu hankalaksi kun toisilla eristetoimittajilla on paremmat tyyppihyväksytyt lämmönjohtavuusarvot kuin toisilla. Esim. urakka-laskennassa olleet rakenteet on laadittu valmistajan ”A” rakenteilla (sallittu kuitenkin vastaavan tuotteen käyttö) ja valituksi tulleen urakoitsijan käyttämällä valmistajalla ”B” vastaavalla tuotteella onkin eroava lämmönjohtavuusarvo. Tällöin saattaa käydä niin, että rakennetta joudutaan muuttamaan. Tämä hankaloittaa ja vääristää vapaata kilpailua. Tapauksessa, jossa toimittajan eristeratkaisulla päästään ohuempaan rakenteeseen ei yleensä aiheuta niin paljon muutoksia ja haittaa kuin tapauksessa, jossa paksuus lisääntyy. Kun rakenteet lasketaan pienempien lämmöneristysominaisuuksien mukaan, ollaan silloin varmimmalla puolella.

Joillakin valmistajilla on tuotteita, joihin ei toisilta valmistajilta löydy korvaavaa tuotetta. Tällöin tulee käytettävä valmistaja ja tuote nimetä, jolloin urakkalaskennassa kaikkien tulee käyttää samaa tuotetta.

3.1. EPS-eristeet

EPS-eristeet eli paisutetut polystyreeni- (expanded polystyrene) eristeet, ovat polystyreenistä vesihöyryn avulla paisuttamalla valmistettuja eristeitä. Ponneaineena valmistuksessa käytetään ympäristölle haitatonta pentaania, joka korvautuu ilmalla valmistusprosessissa. [9].

EPS-eristeille on Suomessa EPS 2000-tuoteluokitus, joka pohjautuu eurooppalaiseen tuotestandardiin EN 13163. EPS 2000-tuoteluokituksen vaatimusten täyttyminen osoitetaan VTT:n tuotesertifikaattinumerolla ja EPS-laatumerkillä. EPS 2000-tuoteluokituksessa on annettu esimerkiksi lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoille vähimmäisvaatimukset. [9].

EPS-eristeet soveltuvat rakennusten lämmöneristeiksi ja teknisiksi eristeiksi uudis- ja korjausrakentamisessa. EPS-eristeet soveltuvat routasuojaukseen sekä lattioiden,

seinien ja kattojen eristämiseen. Yleisimmät käyttökohteet ovat lattia- ja routaeristeet. EPS-eristeiden tuotenimikkeet kertovat tuotteen pääasiallisen käyttökohteen ja lyhytaikaisen puristuskestävyyden. Tuotemerkinnän lisämerkintä S kuvaa vaikeasti syttyvää S-laatua, joka ei ylläpidä palamista. [9].

EPS-eristeiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot (λ_{Design}) vaihtelevat 0,033-0,041 W/mK riippuen eristeen laadusta sekä käyttökohteesta, suojaus- ja asennustavasta. Tavallisimmat käytetyt lujuusluokat ovat 60, 80, 100, 120 ja 200 kPa. Lujuusluokka määritellään lyhytaikaisen puristuslujuuden mukaan, mikä määritetään 10 % kokoonpuristumaa vastaavana kuormana. Pitkäaikainen puristuslujuus määritetään 2 % kokoonpuristumaa vastaavana kuormana.

”EPS-eristeet ovat kosteusteknisesti kestäviä tuotteita. EPS-materiaali ei ime itseensä kapillaarisesti vettä, eikä ulkopuolinen kosteus heikennä EPS-eristeen lämmöneristävyys- tai lujuusominaisuuksia. Kosteusteknisesti vaativissa olosuhteissa, kuten routaeristyksissä tulee kuitenkin käyttää käyttötarkoitukseen suunniteltuja tiiviitä EPS-routalaatuja.”[8, s.3]. EPS-eristeet ovat vesihöyrynläpäiseviä, joten rakenteissa tulee käyttää erillistä höyrynsulkua tarvittaessa. [9].

EPS-eristeiden ilmanläpäisevyys (L) on niin pieni ($L < 30 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$), ettei U-arvon laskennassa tarvitse huomioida ilmanläpäisevyydestä riippuvaa korjauskerrointa. [7].

3.1.1. Lattiaeristeet

Maanvastaisissa ja tuuletetuissa ryömintätilaisissa alapohjissa sekä perusmuurin sisäpuolisena pystyeristykseenä käytetään EPS-lattiaeristeitä. Tuulettuvissa alapohjissa suositellaan palosuojatun S-laadun käyttöä. Tavallisimmat käytettävät lujuusluokat 60, 100 ja 200 kPa. Maanvastaisessa alapohjassa yleensä käytettävä tyyppi on EPS 100 Lattia ja tuulettuvassa alapohjassa tyyppi on EPS 60S Lattia. [9].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot (λ_{Design}) lattiaeristeille:

Lämpimän tilan alapohja- ja lattiarakenteet. Käyttötilassa eristeen kosteuspitoisuus on alle 1 til-%:

EPS 60S Lattia $\lambda_{\text{Design}}=0,040 \text{ W/mK}$

EPS 100 Lattia $\lambda_{\text{Design}}=0,036 \text{ W/mK}$

EPS 200 Lattia $\lambda_{\text{Design}}=0,033 \text{ W/mK}$

Lämpimän tilan perustusten sisäpuolinen pystyeristys:

EPS 60S Lattia $\lambda_{\text{Design}}=0,040 \text{ W/mK}$

EPS 100 Lattia $\lambda_{\text{Design}}=0,038 \text{ W/mK}$

EPS 200 Lattia $\lambda_{\text{Design}}=0,034 \text{ W/mK}$. [9].

3.1.2. Routaeristeet

Routasuojakseen käytetään EPS-eristeistä EPS-routaeristeitä. EPS-routaeristeen tiiviyn ansiosta veden imeytyminen on vähäistä, eikä ulkopuolinen kosteus heikennä EPS-eristeen lämmöneristävyys- tai lujuusominaisuuksia. Perustusten ulkopuolisena

vaakaeristeenä maakerrosten välissä (kallistus sokkelista ulospäin vähintään 2%) sekä sokkelin, perusmuurin ja kellarin seinän ulkopuolisena pystyeristeenä käytetään EPS-routaeristeitä. Yleensä käytettävät tyypit ovat EPS 120 Routa ja EPS 200 Routa. Pihojen ja katujen routasuojauksessa vaaditaan suurta puristuslujuutta, jolloin eristeeksi soveltuvat EPS 200 Routa ja EPS 300 Routa. Nämä routalevyt soveltuvat myös perustusten alle sekä hallirakennusten ja varastotilojen alapohjiin. [9].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot (λ_{Design}) routaeristeille:

Lämpimän tilan perustusten sisäpuolinen pystyeristys:

EPS 120 Routa $\lambda_{\text{Design}}=0,038 \text{ W/mK}$

EPS 200/300 Routa $\lambda_{\text{Design}}=0,034 \text{ W/mK}$

Lämpimän tilan perustusten ulkopuolinen pystyeristys:

EPS 120 Routa $\lambda_{\text{Design}}=0,039 \text{ W/mK}$

EPS 200/300 Routa $\lambda_{\text{Design}}=0,035 \text{ W/mK}$

Maakerrosten välissä oleva routaeriste rakennuksen ulkopuolella:

EPS 120 Routa $\lambda_{\text{Design}}=0,041 \text{ W/mK}$

EPS 200/300 Routa $\lambda_{\text{Design}}=0,036 \text{ W/mK}$. [9].

3.1.3. Seinäeristeet

Seinäeristeiksi sopivat EPS-seinäeristeet soveltuvat käytettäväksi julkisivuissa uudis- ja korjausrakentamisessa. Käyttökohteiksi soveltuvat betoni-, harkko- ja tiilirakenteet, betonisandwich-elementit sekä metalli- ja puurunkoiset seinät. Kuorirakenteissa EPS-eriste pinnoitetaan yleensä ohutrappauksella. EPS-seinäeristeet ovat vaikeasti syttyvää S-laatua. Yleensä käytettävät tyypit ovat EPS 60S Seinä ja EPS 100S Seinä. [9].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot (λ_{Design}) seinäeristeille:

EPS 60S Seinä $\lambda_{\text{Design}}=0,039 \text{ W/mK}$

EPS 80S Seinä $\lambda_{\text{Design}}=0,037 \text{ W/mK}$

EPS 100S Seinä $\lambda_{\text{Design}}=0,036 \text{ W/mK}$. [9].

3.1.4. Kattoeristeet

Kattoeristeiksi sopivat EPS-kattoeristeet soveltuvat käytettäväksi kattorakenteissa uudis- ja korjausrakentamisessa. Käyttökohteiksi soveltuvat betonilaatta-, ontelolaatta-, TT-laatta- ja teräspoimulevyrakenteet. Yläpohjarakenteet voivat olla tuuletettuja tai tuulettamattomia. Tuuletetuissa rakenteissa voidaan käyttää valmiiksi yläpinnasta uritettua EPS-kattoeristettä. Suoraan alustaan liimattavaa bitumikermikatetta käytettäessä tulee kiinnitys ja laakerikerroksena käyttää kovaa mineraalivillaa kerrosta. EPS-kattoeristeet ovat vaikeasti syttyvää S-laatua. Yleensä käytettävät tyypit ovat EPS 60S Katto ja EPS 100S Katto. [9].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot (λ_{Design}) seinäeristeille:

EPS 60S Katto $\lambda_{\text{Design}}=0,039 \text{ W/mK}$

EPS 80S Katto $\lambda_{\text{Design}}=0,036 \text{ W/mK}$

EPS 100S Katto $\lambda_{\text{Design}}=0,036 \text{ W/mK}$. [9].

3.1.5. Erikoistuotteet

ThermiSol Oy:n tuotevalikoimaan kuuluu grafiittia sisältävästä Neopor® rakeesta valmistettu EPS-eriste. Tuotenimenä eristeellä on Platina-eriste. Tuotteen lämmöneristysominaisuudet ovat 20-25% paremmat tavanomaisiin eristeisiin verrattuna. Eristettä on saatavilla Platina-lattia, Platina-seinä ja Platina-katto eristeet. Lujuusluokka Platina-lattia ja Platina-seinä eristeillä on 70 kPa ja Platina-katto eristeellä 80 kPa. [10].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot (λ_{Design}) Platina-eristeille:

Platina Lattia $\lambda_{\text{Design}}=0,031$ W/mK

Platina Seinä $\lambda_{\text{Design}}=0,031$ W/mK.

Platina Katto $\lambda_{\text{Design}}=0,031$ W/mK. [10].

3.2. XPS-eristeet

XPS-eristeet eli suulakepuristetut polystyreeni (extruded polystyrene) eristeet, ovat polystyreenistä ja hiilidioksidista paineen avulla valmistettuja eristeitä. Ponneaineena käytettävä hiilidioksidi on yleensä kierrätyskaasua, joka korvautuu ilmalla valmistusprosessin jälkeen. [11].

XPS-eristeet soveltuvat rakennusten lämmöneristeiksi ja teknisiksi eristeiksi uudis- ja korjausrakentamisessa. XPS-eristeet soveltuvat routasuojuukseen sekä lattioiden, seinien ja kattojen eristämiseen. Yleisimmät käyttökohteet ovat normaalia vaativammat lattia- ja routaeristeet. XPS-eristeiden tuotenimikkeet kertovat yleensä tuotteen lyhytaikaisen puristuskestävyyden.

XPS-eristeiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot (λ_{Design}) vaihtelevat 0,035-0,037 W/mK riippuen eristeiden laadusta, paksuudesta sekä käyttökohteesta, suojaus- ja asennustavasta. Tavallisimmat käytetyt lujuusluokat ovat 300, 400 ja 500 kPa. Lujuusluokka määritellään lyhytaikaisen puristuslujuuden mukaan, mikä määritetään 10 % kokoonpuristumaa vastaavana kuormana. Pitkäaikainen puristuslujuus määritetään 2 % kokoonpuristumaa vastaavana kuormana. [11; 12; 13; 14; 15]

XPS-eristeet ovat kosteusteknisesti kestäviä tuotteita. XPS-Materiaali on umpisoluista ja tiivistä, joten se on vesitiivistä ja sillä on erittäin suuri vesihöyrynvastus. XPS-eristeiden käyttö rakenteissa ei vaadi erillistä höyrynsulkua. XPS-materiaali ei vety, eikä ulkopuolinen kosteus heikennä XPS-eristeiden lämmöneristävyyttä tai lujuusominaisuuksia. [11; 12; 13; 14; 15].

3.2.1. Lattiaeriste

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) XPS-eristeille yleisesti lattiarakenteissa käytettäväksi:

XPS 50 mm $\lambda_{\text{Design}}=0,035$ W/mK

XPS 100 mm $\lambda_{\text{Design}}=0,037$ W/mK. [11; 12; 13; 14; 15].

3.2.2. Routaeristys, salaojitettu

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) XPS-eristeille yleisesti salaojitetuissa routaeristysrakenteissa käytettäväksi:

XPS 50 mm $\lambda_{\text{Design}}=0,034$ W/mK

XPS 100 mm $\lambda_{\text{Design}}=0,036$ W/mK. [11; 12; 13; 14; 15].

3.2.3. Routaeristys, salaojittamaton

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) XPS-eristeille yleisesti salaojittamattomissa routaeristysrakenteissa käytettäväksi:

XPS 50 mm $\lambda_{\text{Design}}=0,034$ W/mK

XPS 100 mm $\lambda_{\text{Design}}=0,036$ W/mK. [11; 12; 13; 14; 15].

3.3. Mineraalivillat

Mineraalivilla on yhteisnimitys lasi- ja vuorivillalle. Vuorivillasta käytetään myös nimitystä kivivilla. Mineraalivillat toimivat lämpö- ja ääneneristäjinä rakenteissa. Mineraalivillat valmistetaan puhaltamalla raaka-aine ohuiksi kuiduiksi, jotka muotoillaan haluttuun muotoon esim. eristelevyksi tai -matoksi. Mineraalivillat täyttävät yleensä vähintään A1 paloluokan, poikkeuksena on lasikuitu- tai tyvek® kankaalla pinnoitetut tuulensuojaeristeet, jotka kuuluvat luokkaan F.

Suomessa suurimpia mineraalivillojen toimittajia ovat lasivilloissa Isover Oy, vuorivilloissa Paroc Oy ja Rockwool.

Mineraalivilloille valmistajat ilmoittavat tuotteidensa lämmönjohtavuuden ilmoitetut ($\lambda_{\text{Declared}}$) arvot ja tiheyden tai ilmanläpäisevyyden arvot. Näiden lähtötietojen ja eristeen sijoituksen perusteella saadaan laskettua lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo ja rakenteen u-arvo korjaustekijöineen.

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo määritetään standardin SFS-EN ISO 10456 mukaan kaavalla

$$\lambda_{\text{Design}} = \lambda_{\text{Declared}} \cdot F_T \cdot F_m \cdot F_a \quad (1)$$

jossa

F_T on lämpötilan muuntotekijä

F_m on kosteuden muuntotekijä, kun suunnittelulämpötila $T \geq 0$ °C

F_a on vanhenemisen muuntotekijä. [7].

Muuntotekijöiden laskenta kaavat ja taulukot löytyvät standardista SFS-EN ISO 10456 [6] ja lisäksi RIL 225-2004 [7] laskenta ohjeesta.

3.3.1. Pehmeät eristeet

Pehmeät eristeet ovat yleensä pinnoittamattomia eristelevyjä, joita käytetään puu-, metallirankaseinissä sekä rangattomissa seinissä esimerkiksi tiili- tai betonirunkoseinissä. Levyille saatavissa olevat paksuudet ovat 30-200 mm. [16;18; 20].

Pehmeiden eristeiden eri tyyppien tiheydet ovat lasivillalla 15, 20 ja 25 kg/m³ ja niitä vastaavat lämmönjohtavuuden ilmoitetut arvot ($\lambda_{\text{Declared}}$) ovat 0,032, 0,033 ja 0,037 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvot (L) ovat 50, 90 ja 120 x10⁻⁶ m³/m s Pa. Vuorivilloilla tiheydet ovat 30 ja 45 kg/m³ ja niitä vastaavat lämmönjohtavuuden ilmoitetut arvot ($\lambda_{\text{Declared}}$) ovat 0,034 ja 0,036 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvot (L) ovat 110 ja 120 x10⁻⁶ m³/m s Pa. [16; 17; 18; 19; 20].

Mineraalivillojen normaaleissa käyttökohteissa seinissä ja katoissa puolilämpimissä ja lämpimissä tiloissa lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon määrittämisessä käytettävät muuntokertoimet ovat 1:siä. Jolloin lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo on sama kuin ilmoitettu arvo. [7].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) pehmeille mineraalivillaeristeille yleisesti käytettäväksi:

Normaalit eristeet $\lambda_{\text{Design}}=0,037$ W/mK, $L=120 \times 10^{-6}$ m³/m s Pa

Erikoiseristeet $\lambda_{\text{Design}}=0,034$ W/mK, $L=110 \times 10^{-6}$ m³/m s Pa.

3.3.2. Loivien kattojen eristeet

Loivien kattojen eristeitä käytetään loivien kuormitusta kestävien kattojen eristämiseen. Eristeitä on eri tyyppisiä pohja-, väli- ja pintakerroksiin. Levyille saatavissa olevat paksuudet ovat pohja- ja välikerroksien villoille 50-200 mm ja pintakerroksen villoille yleensä 20-30 mm ja lasivilloilla jopa 120 mm asti. Levyjä on saatavilla uritettuna tuuletuksen järjestämistä. [16; 18; 20].

Loivien kattojen pohja- ja välikerroksen eristeen tiheys on lasivillalla 75 kg/m³ ja sitä vastaava lämmönjohtavuuden ilmoitettu arvo ($\lambda_{\text{Declared}}$) on 0,037 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on 20 x10⁻⁶ m³/m s Pa. Vuorivillalla 110-145 kg/m³ ja sitä vastaava lämmönjohtavuuden ilmoitettu arvo ($\lambda_{\text{Declared}}$) on 0,039 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on 15 x10⁻⁶ m³/m s Pa. [16; 17; 18; 19; 20].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) loivien kattojen pohja- ja välimineraalivillaeristeille yleisesti käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,039$ W/mK, $L=20 \times 10^{-6}$ m³/m s Pa.

Loivien kattojen pintakerroksen eristeen tiheys on lasivillalla 125 kg/m³ ja sitä vastaava lämmönjohtavuuden ilmoitettu arvo ($\lambda_{\text{Declared}}$) on 0,037 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on 15 x10⁻⁶ m³/m s Pa. Vuorivillalla eri tyyppien tiheydet ovat 145-180 kg/m³ ja niitä vastaavat lämmönjohtavuuden ilmoitetut arvot ($\lambda_{\text{Declared}}$) ovat 0,037-0,040 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on 15 x10⁻⁶ m³/m s Pa. [16; 17; 18; 19; 20].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) loivien kattojen pintamineraalivillaeristeille yleisesti käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,038$ W/mK, $L=15 \times 10^{-6}$ m³/m s Pa.

3.3.3. Rappauseristeet

Rappauseristeitä käytetään rappaamalla pinnoitettavien rakenteiden eristämiseen. Eristeitä on eri tyyppisiä kolmikerros-, ohut- ja lämpörappauksiin. Levyille saatavissa olevat paksuudet ovat 30-200 mm ja lasivilloilla jopa 450 mm asti. [16; 18; 20].

Rappauseristeiden lämmönjohtavuuden ilmoitetut arvot lasivillalla ($\lambda_{\text{Declared}}$) ovat 0,031-0,041 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) ovat $30\text{-}50 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. Vuorivillalla rappauseristeiden tiheydet ovat 75-95 kg/m³ ja sitä vastaavat lämmönjohtavuuden ilmoitetut arvot ($\lambda_{\text{Declared}}$) ovat 0,035-0,038 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on $25 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. [16; 17; 18; 19; 20].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) kolmikerrosrappausmineraalivillaeristeille yleisesti käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,036 \text{ W/mK}$, $L=50 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$.

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) ohutrappausmineraalivillaeristeille yleisesti käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,039 \text{ W/mK}$, $L=30 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$.

3.3.4. Betonielementtieristeet

Betonielementtieristeiden yleinen käyttökohde on betonisandwich-elementit ja paikalla valetut betonirakenteet. Eristeet kestävät staattista kuormitusta, joka aiheutuu valupaineesta. Eristeitä on saatavilla pystyyn ja ristiin uritettuna. Urat voivat olla urasuojattuja tai suojaamattomia. Urasuojana on yleensä lasikuituhuopa. Levyille saatavat paksuudet ovat 30-260 mm. [16; 18; 20].

Betonielementtieristeiden tiheys on lasivillalla 55 kg/m³ ja sitä vastaava lämmönjohtavuuden ilmoitettu arvo ($\lambda_{\text{Declared}}$) on 0,035 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on $50 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. Vuorivillalla betonielementtieristeiden tiheys on n.80 kg/m³ ja sitä vastaavat lämmönjohtavuuden ilmoitetut arvot ($\lambda_{\text{Declared}}$) ovat 0,034-0,035 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on $45 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. [16; 17; 18; 19; 20].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) betonielementtimineraalivillaeristeille yleisesti käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,035 \text{ W/mK}$, $L=50 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$.

3.3.5. Tuulensuojaeristeet

Tuulensuojaeristeitä käytetään tuuletetuissa julkisivuissa, yläpohjissa ja alapohjissa. Tuulensuojaeristeet ovat päällystetty yleensä tuulelta ja kosteudelta suojaavalla lasikuitu- tai tyvek® kankaalla. P1 ja P2 paloluokan rakennuksissa tulee tuulensuojaeristeen pinnan täyttää A2-s1, d0 palovaatimus. Levyille saatavat paksuudet ovat yleensä 30-50 mm ja osissa tuotteissa 200 mm asti. [16; 18; 20].

Tuulensuojaeristeiden, jotka täyttävät pinnaltaan A2-s1,d0 palovaatimuksen, tiheys lasivillalla on 65 kg/m³, lämmönjohtavuuden ilmoitettu arvo ($\lambda_{\text{Declared}}$) on 0,031 W/mK,

ja ilmanläpäisevyysarvo (L) on $30 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. Vuorivillalla lämmönjohtavuuden ilmoitetut arvot ($\lambda_{\text{Declared}}$) ovat 0,033-0,034 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. [16; 17; 18; 19; 20].

Tuulensuojaeristeiden, jotka eivät täytä pinnaltaan A2-s1,d0 palovaatimusta, tiheys lasivillalla on 65 kg/m^3 , lämmönjohtavuuden ilmoitettu arvo ($\lambda_{\text{Declared}}$) on 0,031 W/mK, ja ilmanläpäisevyysarvo (L) on $30 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. Vuorivillalla lämmönjohtavuuden ilmoitetut arvot ($\lambda_{\text{Declared}}$) ovat 0,034-0,037 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. [16; 17; 18; 19; 20].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) tuulensuojamineraalivillaeristeille, jotka täyttävät pinnaltaan A2-s1,d0 palovaatimuksen yleisesti käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,034 \text{ W/mK}$, $L=30 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$.

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) tuulensuojamineraalivillaeristeille, jotka eivät täytä pinnaltaan A2-s1,d0 palovaatimusta yleisesti käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,034 \text{ W/mK}$, $L=30 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$.

3.3.6. Puhalluseristeet

Mineraalipuhalluseristeitä käytetään yleensä yläpohjan eristämiseen. Eriste asennetaan koneellisesti puhaltamalla tai irtoeristeinä haravalla levittäen lisäeristys tapauksissa. Eristepaksuuden määrittämisessä tulee muistaa eristeelle ominainen painuma. Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa C4 ja eristetoimittajien tyyppihyväksynnöissä on annettu koneellisesti puhallettaville mineraalivilloille painumaksi 5 % suunnitellusta eristyspaksuudesta [4; 16; 18]. Yläpohjissa reuna-alueilla tulee tarvittaessa käyttää tuulenohjaimia tai tuulensuojaeristeitä ehkäisemään tuuletusilman mahdollisesti aiheuttamaa eristeiden liikkumista.

Puhalluseristeiden tiheys on lasivillalla $22\text{-}33 \text{ kg/m}^3$ ja sitä vastaavat lämmönjohtavuuden ilmoitetut arvot ($\lambda_{\text{Declared}}$) ovat 0,039-0,041 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvot (L) ovat $225\text{-}460 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. Vuorivillalla puhalluseristeiden tiheys on $n.35 \text{ kg/m}^3$ ja sitä vastaavat lämmönjohtavuuden ilmoitetut arvot ($\lambda_{\text{Declared}}$) ovat 0,040-0,044 W/mK, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on $400 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. [7; 16; 17; 18; 19; 20].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) puhallusmineraalivillaeristeille yleisesti käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,040 \text{ W/mK}$, $L=400 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$.

3.4. Puukuitueristeet

Puukuitueristeitä valmistetaan levy- ja puhalluseristeinä. Puukuidusta valmistetaan myös huokoisia puukuitulevyjä, jotka toimivat eristeenä. Puukuitueristeet ovat hygroskooppisia eristeitä, joten ne voivat sitoa kosteutta. Hygroskooppisuus tulee huomioida lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoa määrittäessä. Puukuitueristeet

mahdollistavat myös pelkän ilmansulun käytön höyrynsulun sijaan. Rakenteen kosteustekninen toimivuus tulee kuitenkin tarkistaa tapauskohtaisesti ilmansulkua käytettäessä.

Puukuitueristeiden normaaleissa käyttökohteissa seinissä ja katoissa puolilämpimissä ja lämpimissä tiloissa lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon määrittämisessä käytettävät muuntokertoimet ovat 1:siä. Hygroskooppisuudesta aiheutuva lisäys ilmoitettuun lämmönjohtavuuteen laskettaessa suunnitteluarvoja on $\Delta\lambda_{\text{hyg}} = 0,001 \text{ W/mK}$. [7].

3.4.1. Levyeristeet

Puukuitulevyeristeitä käytetään yleensä yläpohjan, seinän ja lattian eristämiseen. Levyille saatavat paksuudet ovat 30-150 mm [24].

Puukuitulevyeristeiden lämmönjohtavuuden ilmoitettu arvo ($\lambda_{\text{Declared}}$) on $0,037 \text{ W/mK}$, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on $45 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$ [24].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) puukuitulevyeristeille yleisesti käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,038 \text{ W/mK}$, $L=45 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$.

3.4.2. Huokoiset puukuitulevyt

Huokoisia puukuitulevyjä käytetään yleensä eristävinä tuulensuojalevyinä ja lisäeristeinä korjausrakentamisessa. Huokoiset puukuitulevyt toimivat myös rungon jäykistävinä rakenteina. Levyjä on saatavissa 12 mm ja 25 mm. [25].

Huokoisten puukuitulevyjen lämmönjohtavuuden ilmoitettu arvo ($\lambda_{\text{Declared}}$) on $0,052 \text{ W/mK}$, sekä ilmanläpäisevyysarvo (L) on $\leq 10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$ [25].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) huukoille puukuitulevyille yleisesti käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,053 \text{ W/mK}$, $L=10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$.

3.4.3. Puhalluseristeet

Puukuitupuhalluseristeitä käytetään yleensä yläpohjan, seinän ja lattian eristämiseen. Eriste asennetaan koneellisesti kuivapuhaltamalla tai sidosaineellisena ruiskuttamalla. Eristepaksuuden määrittämisessä tulee muistaa eristeelle ominainen painuma. Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa C4 ja eristetoimittajien tyyppihyväksynnöissä on annettu koneellisesti kuivapuhallettaville puukuitueristeille painumaksi 20 % suunnitellusta eristyspaksuudesta [4; 21; 22; 23]. Alapohjissa tulee käyttää ylitäyttöä, joka tiivistetään eristystilaan. Ylitäytöksi suositellaan 35 % täyttöpaksuudesta. Yläpohjissa reuna-alueilla tulee tarvittaessa käyttää tuulenohjaimia tai tuulensuojaeristeitä ehkäisemään tuuletusilman mahdollisesti aiheuttamaa eristeiden liikkumista. Yläpohjaan puhallettavat eristeet täyttävät D-s1,d0 paloluokan.

Puukuitupuhalluseristeiden suositellut vähimmäistiheydet ovat: vapaasti yläpohjaan puhallettaessa 30 kg/m^3 , Vino-onteloon tai lattiaan puhallettaessa 45 kg/m^3 ,

pystyonteloon puhallettaessa 55 kg/m^3 ja seinään ruiskutettaessa 35 kg/m^3 . Lämmönjohtavuuden ilmoitetut arvot ($\lambda_{\text{Declared}}$) ja ilmanläpäisevyysarvot (L) ovat: vapaasti yläpohjaan puhallettu $\lambda_{\text{Declared}}=0,039 \text{ W/mK}$, $L = 130 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$; Vино-onteloon, lattiaan puhallettu ja seinään ruiskutettu $\lambda_{\text{Declared}}=0,038-0,040 \text{ W/mK}$, $L = 90 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$; Pystyonteloon puhallettu $\lambda_{\text{Declared}}=0,043 \text{ W/mK}$, $L = 90 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$. [21; 22; 23; 24].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) ja ilmanläpäisevyysarvoja (L) puukuitupuhalluseristeille yleisesti käytettäväksi:

Vapaasti yläpohjaan puhallettuna: tiheys $\geq 30 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{Design}}=0,038 \text{ W/mK}$, $L=130 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$.

Vino-onteloon, lattiaan puhallettuna tai seinään ruiskutettuna: tiheys $\geq 45 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{Design}}=0,040 \text{ W/mK}$, $L=90 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$.

Pystyonteloon puhallettuna: tiheys $\geq 55 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{Design}}=0,038 \text{ W/mK}$, $L=90 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m s Pa}$.

3.5. Puu

Puulle on annettu standardeissa SFS-EN 10456 ja 12524 seuraavat lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot (λ_{Design}):

Tiheys 450 kg/m^3 , $\lambda_{\text{Design}}=0,12 \text{ W/mK}$

Tiheys 500 kg/m^3 , $\lambda_{\text{Design}}=0,13 \text{ W/mK}$

Tiheys 700 kg/m^3 , $\lambda_{\text{Design}}=0,18 \text{ W/mK}$. [6; 26].

Suomalaisen rakennuspuutavaran tiheys on $440-480 \text{ kg/m}^3$, jolloin suunnittelu lämmönjohtavuuden arvona voidaan käyttää $\lambda_{\text{Design}}=0,12 \text{ W/mK}$.

3.6. PUR-eristeet

PUR-eristeet eli polyuretaanieristeet. Polyuretaanieristeitä valmistetaan levyinä ja tiivistykseen käytettävänä saumaeristeinä. Polyuretaanilevyeristeet ovat umpisoluisia, tiiviitä, jäykkiä ja kuormitusta kestäviä. Polyuretaanilevyjen käyttökohteita ovat yleensä katot, seinät, lattiat ja saunat. Polyuretaanilevyjä valmistetaan alumiinipaperi-, muovipaperi-, diffuusiotiivis, kipsilevy- ja lastulevypintaisina, puolipontti- tai suorareunaisina. Levyille saatavat paksuudet ovat $30-170 \text{ mm}$. [27; 28].

PUR-eristeiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot (λ_{Design}) vaihtelevat $0,024-0,027 \text{ W/mK}$ riippuen eristeen laadusta, paksuudesta sekä käyttökohteesta, suojaus- ja asennustavasta. PUR-eristeiden tiheydet vaihtelevat $35-80 \text{ kg/m}^3$ tuotteiden tyyppin mukaan. [27; 28].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) PUR-eristeille yleisesti kuivissa rakenteissa käytettäväksi:

PUR paksuus $< 80 \text{ mm}$ $\lambda_{\text{Design}}=0,027 \text{ W/mK}$

PUR paksuus $\geq 80 \text{ mm}$ $\lambda_{\text{Design}}=0,026 \text{ W/mK}$

PUR diffuusiotiivispinnoitteella $\lambda_{\text{Design}}=0,024 \text{ W/mK}$. [27; 28].

3.7. Kevytbetoni

Kevytbetonituotteet valmistetaan höyrykarkaistusta kevytbetonista. Kevytbetonituotteita ovat harkot, palkit, laatat ja elementit. Kevytbetonista valmistetaan myös eristeharkkoja, jossa kevytbetoniharkkojen välissä on EPS-eriste. Suomessa kevytbetonista käytetään yleensä nimitystä siporex.

Kevytbetonituotteille ei vielä ollut saatavissa lämmönjohtavuuden ilmoitettuja arvoja ($\lambda_{\text{Declared}}$) tai suunnitteluarvoja (λ_{Design}), vaan normaalisia lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoja. Valmistajan mukaan käynnissä olevissa tutkimuksissa on saatu tuloksiksi, että normaaliset lämmönjohtavuuden arvot ovat samoja kuin suunnitteluarvot (λ_{Design}). Standardin SFS-EN 1745 [30] taulukoidut arvot muuraustuotteille tukevat tutkimustuloksia. Standardin SFS-EN 1745 laskentaohjeiden mukaan saadaan laskettua muurattujen rakenteiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot. Lähtötiedoiksi tarvitaan rakenteen lämmönjohtavuus, kosteuspitoisuus missä lämmönjohtavuus määritetty ja rakenteen suunnittelukosteus, sekä kosteuden muuntokerroin. Näiden arvojen saaminen ja selvittäminen käytännön rakennesuunnittelussa on hankalaa. Suunnitteluarvot tai lähtötiedot tulisi olla annettu yleisiin tapauksiin. Käytetään laskelmissa tarvittaessa normaalisia lämmönjohtavuuden arvoja, niiden vastaavuus suunnitteluarvoihin on riittävä käytännön suunnittelussa.

3.7.1. Kevytbetoniharkot ja elementit

Kevytbetonituotteiden massan kuivatiheydet vaihtelevat 400-500 kg/m³ ja lämmönjohtavuuden normaaliset arvot (λ_n) ovat 0,11-0,17 W/mK riippuen kosteustilasta ja onko rakenne elementeistä vai harkoista. Kevytbetonia käytetään perustuksissa, alapohjissa, seinärakenteissa ja yläpohjissa. [29].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) kevytbetoniharkoille ulkoseinä rakenteissa käytettäväksi:

400 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,11$ W/mK

450 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,135$ W/mK

500 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,15$ W/mK. [29].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) kevytbetoniharkoille maanpinnan alapuolella ulkoseinä rakenteissa käytettäväksi:

500 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,17$ W/mK. [29].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) kevytbetonielementeille ulkoseinä rakenteissa käytettäväksi:

400 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,105$ W/mK

450 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,125$ W/mK

500 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,14$ W/mK. [29].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) kevytbetonielementeille yläpohja rakenteissa käytettäväksi:

400 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,10$ W/mK

450 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,12$ W/mK

500 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,135$ W/mK. [29].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) kevytbetonielementeille alapohja rakenteissa käytettäväksi:

450 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,135$ W/mK

500 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,135$ W/mK. [29].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) kevytbetonielementeille maanpinnan alapuolella ulkoseinä rakenteissa käytettäväksi:

500 kg/m³ $\lambda_{\text{Design}}=0,16$ W/mK. [29].

3.7.2. Kevytbetonieristeharkot

Kevytbetonieristeharkot on valmistettu kahdesta 150 mm paksusta kevytbetonikuoresta, joiden välissä on grafiittipohjainen EPS-eriste. Kevytbetonieristeharkkoja käytetään perustuksissa ja seinärakenteissa. Kevytbetonieristeharkkoja on saatavilla kahta paksuutta, joilla päästään seuraaviin U-arvoihin valmiissa rakenteessa:

Harkon paksuus 425 mm $U=0,16$ W/m²K.

Harkon paksuus 500 mm $U=0,12$ W/m²K. [29].

3.8. Kevytsora

Kevytsora on savesta polttamalla paisutettu rakeinen rakennusaine. Kevytsoraa käytetään lämmöneristeenä perustuksissa ja yläpohjissa, sekä kevytsoraharkkojen runkoaineena. Kevytsoraharkot valmistetaan kevytsorabetonista valamalla. Kevytsoraharkkoja on perus- ja eristeharkkoja. Perusharkkoja ovat umpi-, uritetut- ja rei'itetyt harkot. Eristeharkkoja ovat harkot, joissa harkkojen välissä on EPS- tai PUR-eriste.

3.8.1. Kevytsora

Kevytsoran raekoko vaihtelee lajeittain 0-32 mm. Maanrakennuksessa käytettävä raekoko on yleensä 4-32 mm ja puhaltamalla eristeeksi asennettava 4-20 mm. Kevytsoran irtokuivatilavuuspaino vaihtelee 2,1-3,5 kg/m³. Kevytsoraa käytetään lämmöneristeenä alapohjissa ja yläpohjissa, sekä routasuojaukseen. Kevytsoralle ei valmistajilla, eikä standardista SFS-EN ISO 12524 [26] ollut ilmoitettuja lämmönjohtavuuden ($\lambda_{\text{Declared}}$) arvoja. Valmistajalta ja rakennusmääräyskokoelman osasta C4 löytyy kevytsoran normaaliset lämmönjohtavuuden (λ_n) arvot. Kevytsoran normaaliset lämmönjohtavuuden (λ_n) arvot vaihtelevat 0,10-0,17 W/mK riippuen kosteustilasta. [4; 31; 32]. Käytetään kevytsoralle tarvittaessa suunnitteluarvoina (λ_{Design}) ilmoitettuja normaalisia lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoja.

Eristeen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon (λ_{Design}) ollessa suurempi kuin 0,060 W/mK on ilmanläpäisevyyden vaikutus eristeen sisäiseen konvektioon selvitettävä erikseen. RIL 225-2004 mukainen ilmanläpäisevyyden vaikutuksen laskenta ei käsittele

tätä tapausta. [4]. Normaalissa lämmönjohtavuuden arvoissa ilmanläpäisevyys on huomioitu.

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) kevytsoralle ylä- ja alapohja rakenteissa käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,10 \text{ W/mK}$. [32].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) kevytsoralle maanvastaisissa alapohja rakenteissa käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,13 \text{ W/mK}$. [32].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) kevytsoralle routaeristys rakenteissa käytettäväksi:

$\lambda_{\text{Design}}=0,17 \text{ W/mK}$. [32].

3.8.2. Perusharkot

Perusharkot ovat umpinaisia, uritettuja tai uritettuja ja rei'itettyjä harkkoja. Harkkoja käytetään perusmuureissa ja seinärakenteissa. Harkkojen paksuudet vaihtelevat 75-380 mm. Kevytsoraharkkojen tiheydet ovat yleensä 650 tai 950 kg/m³. Valmistajalta ja rakennusmääräyskokoelman osasta C4 löytyy normaaliset lämmönjohtavuuden (λ_n) arvot. Perusharkoille normaaliset lämmönjohtavuuden (λ_n) arvot vaihtelevat 0,20-0,25 W/mK riippuen kosteustilasta ja muuraustavasta. [4; 33; 34; 35; 36]. Käytetään perusharkoille tarvittaessa suunnitteluarvoina (λ_{Design}) ilmoitettuja normaalisia lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoja.

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) kevytsoraharkoille ulkoseinärakenteissa käytettäväksi (täydet saumat):

$\lambda_{\text{Design}}=0,25 \text{ W/mK}$. [4; 33; 35; 36].

Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{Design}) kevytsoraharkoille kellarin seinissä ja perusmuurissa käytettäväksi (täydet saumat):

$\lambda_{\text{Design}}=0,25 \text{ W/mK}$. [4; 33; 35; 36].

3.8.3. Eristeharkot

Eristeharkoissa on kevytsoraharkkojen välissä EPS- tai PUR-eriste. Harkko-osien ja eristeiden paksuudet vaihtelevat valmistajien mukaan. Eristeharkko paksuudet vaihtelevat 240-420 mm. Harkkoja käytetään perusmuureissa ja seinärakenteissa. Eristeharkoille valmistaja ilmoittaa tuotteella saavutettavan U-arvon. [33; 34; 35; 36].

Puolilämpimän tilan ulkoseinän U-arvo vaatimus 0,26 W/m²K saavutetaan yleensä 300 mm:llä eristeharkolla [33; 34; 35; 36].

Lämpimän tilan ulkoseinän U-arvo vaatimus 0,17 W/m²K saavutetaan yleensä 380 mm:llä eristeharkolla [33; 34; 35; 36].

3.9. Betonieristemuottiharkot

Betonieristemuottiharkoissa on betonista valetuissa kuorien välissä EPS- tai PUR-eriste. Kuoriin on valussa jätetty rei'itys. Kuorien reiät raudoitetaan ja valetaan täyteen ladonnan jälkeen. Harkko-osien ja eristeiden paksuudet vaihtelevat valmistajien mukaan. Betonieristemuottiharkko paksuudet vaihtelevat 300-400 mm. Harkkoja käytetään perusmuureissa ja seinärakenteissa. Betonieristemuottiharkoille valmistaja ilmoittaa tuotteella saavutettavan U-arvon. [33; 34; 35; 36].

Puolilämpimän tilan ulkoseinän U-arvo vaatimus $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ saavutetaan yleensä 380 mm:llä betonieristemuottiharkolla [33; 34; 35; 36].

Lämpimän tilan ulkoseinän U-arvo vaatimus $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ saavutetaan yleensä 400 mm:llä betonieristemuottiharkolla [33; 34; 35; 36].

3.10. Pelti-sandwich-elementit

Pelti-sandwich-elementtejä on eristys-elementit, joissa kahden peltin välissä on eriste. Yleensä eriste on mineraalivillaa, EPS- tai PUR-eristettä. Elementtejä voidaan käyttää seinissä ja katoissa. Elementtien eristeen laadulla ja paksuudella, sekä kuoripeltien paksuudella vaikutetaan elementin kuormituskestävyyteen. Pelti-sandwich-elementtien paksuudet vaihtelevat 50-260 mm. Pelti-sandwich-elementeille valmistaja ilmoittaa tuotteella saavutettavan U-arvon. [37; 38; 39].

3.10.1. Mineraalivillaeriste

Mineraalivillalla eristettyjen pelti-sandwich-elementtien paloluokka on A2-s1,d0. Mineraalivillalla eristettyjen elementtien tarvittavat paksuudet vaatimukset täyttäviin U-arvoihin:

Puolilämpimän tilan ulkoseinän U-arvo vaatimus $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ saavutetaan yleensä 150 mm:llä pelti-sandwich-elementillä [37; 38].

Lämpimän tilan ulkoseinän U-arvo vaatimus $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ saavutetaan yleensä 240 mm:llä pelti-sandwich-elementillä [37; 38].

3.10.2. EPS-eriste

EPS-eristettyjä elementtejä on saatavilla kipsilevyllä suojattuna, jolloin niitä voidaan käyttää myös P2 paloluokan rakennuksissa ilman erillistä suojaverhousa. Paloluokka on tällöin B-s1d0. [39]. EPS-eristeellä eristettyjen elementtien tarvittavat paksuudet vaatimukset täyttäviin U-arvoihin:

Puolilämpimän tilan ulkoseinän U-arvo vaatimus $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ saavutetaan yleensä 125 mm:llä pelti-sandwich-elementillä [39].

Lämpimän tilan ulkoseinän U-arvo vaatimus $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ saavutetaan yleensä 175 mm:llä pelti-sandwich-elementillä [39].

3.10.3. PUR-eriste

PUR-eristeellä eristettyjen pelti-sandwich-elementtien paloluokka on B-s3,d0 [38]. PUR-eristeellä eristettyjen elementtien tarvittavat paksuudet vaatimukset täyttäviin U-arvoihin:

Puolilämpimän tilan ulkoseinän U-arvo vaatimus $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ saavutetaan yleensä 100 mm:llä pelti-sandwich-elementillä [38].

Lämpimän tilan ulkoseinän U-arvo vaatimus $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ saavutetaan yleensä 120 mm:llä pelti-sandwich-elementillä [38].

4. RAKENNETYYPIT

Työn tarkoituksena oli myös tehdä rakennetyypit ja U-arvolaskelmat yleisimmistä asuin- ja toimistorakentamisessa esiintyvistä ulkovaipan rakenteista Joensuun Juva Oy:n käyttöön. Laskelmissa käytetään edellä määriteltyjä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja. Laskelmat tehdään laskentaohjelmalle, jolloin on mahdollista muokata helposti laskelmia tapauskohtaiseksi, jos tulee muutoksia tyyppeihin.

Rakennuksen energian kulutukseen vaikuttaa oleellisesti rakenteiden ja liitoksien ilmantiiveys. Rakennetyypeissä pyritään kiinnittämään huomiota rakenteen ilman- ja höyrynsulkuuteen. Ilman- tai höyrynsulkujen paikkaa mietittäessä huomioidaan liittyvien rakenteiden ilman- tai höyrynsulun paikka. Liitoksista pyritään saamaan mahdollisimman tiiviitä. Liitoksien tekeminen tulee olla yksikertaista ja helppoa, jolloin niiden tekeminen tiiviisti työmaalla onnistuu varmasti.

Laskelmat suoritetaan standardien SFS-EN ISO 6946 [5] ja SFS-EN ISO 10456 [6] mukaan, käyttäen apuna sovellusohjetta RIL 225-2004 [7], standardia SFS-EN ISO 12524 [26] ja Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjetta C4 [4].

Rakennetyypit ja niiden laskelmat ovat esitetty liitteissä.

4.1. Laskelmat

Laskelmissa esiintyneitä huomioita ja valittujen lähtötietojen perusteluita on koottu tähän:

- Salaojasorakerrokselle alapohjien ja perusmuurin laskelmissa on käytetty C4:ssä [4] annettua salaojituserroksen lämmönvastusarvoa $0,2 \text{ (m}^2\text{K)/W}$. Standardeissa [5,6] ei ole annettu tälle laskenta-arvoa.
- Salaojasorakerros huomioidaan energiatodistuslaskelmia varten laskettavassa u-arvossa, koska sen huomiointia ei ole kielletty. Maanlämmönvastusta ei saa huomioida energiatodistuslaskelmissa käytettävässä u-arvossa.
- Perusmaalle on käytetty C4:ssä [4] annettuja lämmönvastuksia. Standardeissa [5,6] ei ole annettu tälle laskenta-arvoja.
- Höyrynsulkumuoville on käytetty C4:ssä [4] annettua ohuenainekerroksen lämmönvastusta $R_q=0,02 \text{ (m}^2\text{K)/W}$. Laskemalla muovin paksuuden ja lämmönjohtavuuden avulla saadaan paljon huonompi arvo.
- Eristeiden ilmanläpäisevyys huomioidaan ohjeen RIL 225-2004 [7] mukaan, vaikka tätä ei ole huomioitu standardissa SFS-EN ISO 6946 [5]. Tämä huomioi eristeessä mahdollisesti tapahtuvan konvektion.
- Ilmarakojen korjauskertoimen määrittämisessä tapauksessa RIL 225-2004 sivu 113 kohta d. Lämmöneristys on tehty kahdesta eristekerroksesta, joista toinen on

asennettu kannattimien väliin ja toinen jatkuvana kerroksena edellisen päälle. Kohdassa ei käy ilmi mikä on tarpeellinen jatkuva eristekerros määrityksen toteuttamiseen [7]. Laskelmissa on oletettu, että tuulensuojaeristeet täyttävät tämän, mutta ei huokoiset puukuitutuulensuojaeristeet.

- Eristeiden urituksen huomioimisesta standardeissa [5,6] ja ohjeissa [4,7] ei ole ohjeita. Uritus, jotka on tuuletettu, huomioidaan laskelmissa korjaustekijällä $U_r=0,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.
- Käännettyjen kattojen korjaustekijän ΔU_r määrittämiseen on standardissa [5] laskentaohje, mutta ohjeistusta laskenta-arvoille ei ole laskentahetkellä julkaistu.

5. YHTEENVETO

Tämän diplomityön keskeisenä tarkoituksena oli tutkia eri rakennuseristeiden ja eri valmistajien välisiä eroja ilmoitetuissa ja suunnittelulämmönjohtavuuksissa. Tärkeimpinä päämäärinä pidettiin uusien lämmöneristysmääräysten mukaisten rakennetyyppien tekemistä ja lämmönläpäisykerroinlaskelmien tekemistä. Laskelmat suoritetaan standardien SFS-EN ISO 6946 [5] ja SFS-EN ISO 10456 [6] mukaan, käyttäen apuna sovellusohjetta RIL 225-2004 [7].

Aluksi työssä tutustuttiin Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksiin ja ohjeisiin rakennusten lämmöneristävydestä. Lämmöneristysosiossa esitetään yleisempien käytössä olevien rakennuseristeiden tyyppien ja eri toimittajien välisiä lämmönjohtavuuden ja ilmanläpäisevyyden arvoja. Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää yleisesti eristeelle käytettäväksi soveltuva lämmönjohtavuuden ja ilmanläpäisevyyden arvo. Vertailujen perusteella valittiin käytettäväksi lämmönjohtavuuden ja ilmanläpäisevyyden arvoiksi yleisesti soveltuvat arvot rakennetyyppilaskelmia varten.

EPS-eristeiden valmistajat ovat laatineet laatuluokituksen, jossa määritellään eri EPS-eristeille vähimmäisominaisuudet. Suurin osa suomessa EPS-eristeitä toimittavista yritykset noudattavat laatuluokitusta. Tämä helpottaa eristeiden valmistajan vaihtamista tarvittaessa toiseen. Erityisesti mineraalivilloilla eri valmistajien väliset erot aiheuttavat hankaluuksia valmistajan vaihtuessa, koska korvaavalla tuotteella saattaa olla eri lämmönjohtavuusarvo ja se voi aiheuttaa eristepaksuuden kasvattamisen. Eristepaksuuden muutokset rakenteissa voi johtaa suuriin suunnitelmien muutoksiin. Tämän takia toivoisi, että tehtäisiin yleiset luokitukset eri eristeille, joihin eriste valmistajat pyrkisivät. Vastaavanlainen luokittelu on ollut aikaisemmin käytössä. Nämä niin sanotut suunnittelukoodit ovat olleet rakennushallituksen tekemä ryhmittely mineraalivilloille. Tämä luokittelu on poistunut jo yleisestä käytöstä. Tällainen ryhmittely mahdollistaisi eristeiden valmistajien vaihtamista ja parantaisi näin vapaata kilpailua.

Rakennetyypit ja U-arvo laskelmat tehtiin yleisimmistä asuin- ja toimistorakentamisessa esiintyvistä rakenteista. Laskelmissa käytettiin vertailujen perusteella valittuja lämmönjohtavuuden ja ilmanläpäisevyyden arvoja. Rakenteille esim. eristeharkkoseinä ei tehty laskelmia, vaan käytettiin valmistajan ilmoittamia lämmönläpäisyarvoja rakenteelle. Laskelmat tehtiin laskentaohjelmalle, jolloin lähtöarvojen muuttaminen on mahdollista, jos rakenteet muuttuvat.

Laskelmissa huomioitiin sovellusohjeessa RIL 225-2004 [7] esitetty eristeen ilmanläpäisevyyden mahdollistava luonnollinen tai pakotettu konvektio. Eristeen ilmanläpäisevyyttä ei ole huomioitu standardin SFS-EN ISO 6946 [5] laskelmissa. Tällä

on joissakin rakenteissa suuri merkitys lämmönläpäisyarvoon. Ilmanläpäisevyyden huomioimisesta tai huomioitta jättämisestä laskelmissa tulisi olla määräys esim. kansallisissa liitteissä. Laskelmissa on osin käytetty C4:ssä [4] määriteltyjä arvoja esim. maalle, kun standardeissa SFS-EN ISO 6946 [5] tai SFS-EN ISO 10456 [6] niitä ei ole määritelty. Myöskään käännettyjen kattojen laskennassa tarvittavia laskenta-arvoja ei ole laskentahetkellä julkaistu.

Laskentaohjeesta RIL 225 on tulossa eristevalmistajilta saatujen tietojen mukaan lähiaikoina päivitetty versio, jossa on korjauksia laskenta-arvoihin ja jossa toivottavasti otetaan myös kantaa puuttuviin laskenta-arvoihin sekä puutteellisiin laskentaohjeisiin. Määräyspuolelle olisi hyvä tehdä määräykset käytettäville laskentamenetelmille ja laskenta-arvoille. Tällä hetkellä rakenteille saadaan eri lämmönläpäisyarvot, riippuen minkä laskentaohjeen mukaan laskelmat tehdään.

LÄHTEET

- [1] Suomen rakentamismääräyskokoelma. C3. Rakennusten lämmöneristys. Määräykset 2010. Ympäristöministeriö. 2008.
- [2] Suomen rakentamismääräyskokoelma. C3. Rakennusten lämmöneristys. Määräykset 2007. Ympäristöministeriö. 2007.
- [3] Suomen rakentamismääräyskokoelma. D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2010. Ympäristöministeriö. 2008.
- [4] Suomen rakentamismääräyskokoelma. C4. Lämmöneristys. Ohjeet 2003. Ympäristöministeriö. 2002.
- [5] SFS-EN ISO 6946. 2007. Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation method. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2008. 1+3+28 s.
- [6] SFS-EN ISO 10456. 2007. Building materials and products. Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2008. 1+3+25 s.
- [7] Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien laskenta. Ohje standardien SFS-EN ISO 10456 ja SFS-EN ISO 6946 soveltamiseen. RIL-225-2004. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. 2005.
- [8] Suomen rakentamismääräyskokoelma. G1. Asuntosuunnittelu. Määräykset ja ohjeet 2005. Ympäristöministeriö. 2004.
- [9] EPS-Lämmöneristeet. RT-37790. RT-Tarviketieto. Rakennustietosäätiö. 11/2009. 8 s.
- [10] ThermiSol Oy. 2010. Thermisol Platina. [WWW]. [Viitattu 24.5.2010]. Saatavissa: <http://thermisol.okia.ee/?op=body&id=265>
- [11] Finnfoam-lämmöneristeet. RT-37871. RT-Tarviketieto. Rakennustietosäätiö. 01/2010. 6 s.
- [12] Thermisol routaeristysratkaisut. RT-37808. RT-Tarviketieto. Rakennustietosäätiö. 09/2009. 6 s.
- [13] Styrofoam 250 SL-AN-Tuoteseloste. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. 26.01.2010
- [14] Styrofoam 300 SL-AN-Tuoteseloste. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. 26.01.2010
- [15] Styrofoam 400 SL-AN-Tuoteseloste. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. 23.04.2010
- [16] Isover Oy. 2010. Rakennuseristeet. [WWW]. [Viitattu 2.6.2010]. Saatavissa: <http://www.isover.fi/fi/Tuotesivu/?intProductCategoryID=50>
- [17] Declaration of Conformity. 2010. Isover. Saint-Gobain rakennustuotteet Oy. 2/2010. 2 s.
- [18] Paroc Oy. 2010. Tuotteet. [WWW]. [Viitattu 2.6.2010]. Saatavissa: <http://www.paroc.fi/channels/fi/building+insulation/products/default.asp>
- [19] Paroc-rakennuseristeet. Tekniset tiedot. 2010. Paroc Oy. 6/2010. 2 s.

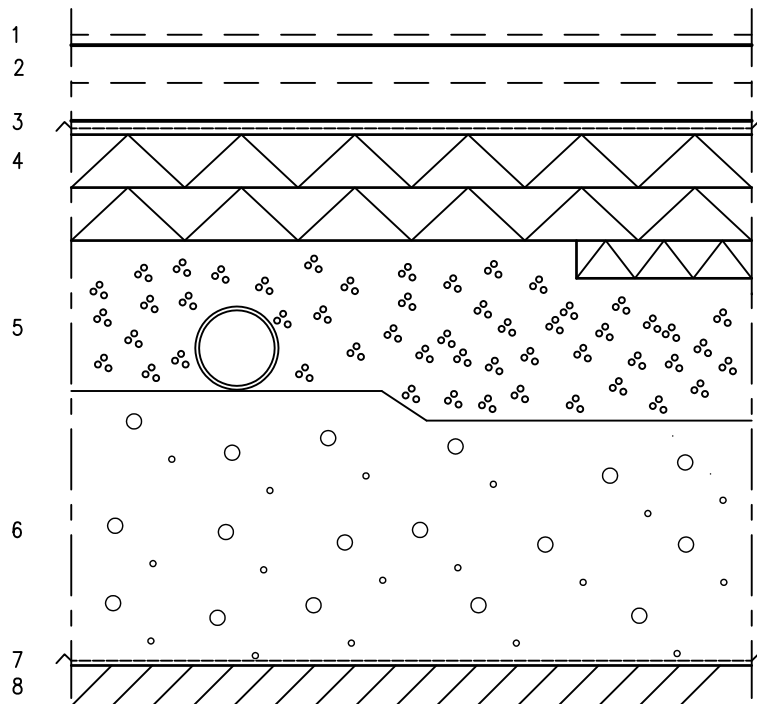
- [20] Rockwool Finland Oy. 2010. Tuotteet. [WWW]. [Viitattu 2.6.2010]. Saatavissa: <http://www.rockwool.fi/tuotteet>
- [21] Ekovilla-lämmöneriste. RT K-37555. RT-Tarviketieto. Rakennustietosäätiö. 04/2008. 2 s.
- [22] Suomen Selluvilla-eriste Oy. Product certificate. VTT. 5/2007. 2 s.
- [23] Termex puhallettavat puukuitueristeet. Eurooppalainen tekninen hyväksyntä. VTT. 5/2009. 6 s.
- [24] Vital Oy. Tuote-esite. Vital Oy. 2008.
- [25] Leijonalevyt. Huokoiset puukuitulevyt. Suomen kuitulevy Oy. RT K-37721. RT-Tarviketieto. Rakennustietosäätiö. 03/2009. 4 s.
- [26] SFS-EN 12524. 2000. Rakennusmateriaalit ja –tuotteet. Lämpö- ja kosteustekniset ominaisuudet. Taulukoidut suunnittelu-arvot. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2002. 1+9 s.
- [27] Makropur-lämmöneristyslevyt. Makroflex-saumaeristeet. RT K-37623. RT-Tarviketieto. Rakennustietosäätiö. 08/2008. 4 s.
- [28] SPU eristeet. 2010. Tuotteet. [WWW]. [Viitattu 10.6.2010]. Saatavissa: http://www.spu.fi/eristeet_tuotteet
- [29] Siporex suunnittelijan käsikirja. H+H Finland Oy. [Viitattu 14.6.2010]. Saatavissa: http://www.hplush.fi/esitteet/suunnittelijan_kasikirja
- [30] SFS-EN 1745. 2002. Masonry and masonry products. Methods for determining design thermal values. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2002. 1+65 s.
- [31] Leca-kevytsorakatot. Suunnitteluohje. Maxit Oy. 04/2010.
- [32] Leca-sora. Maxit Oy. RT K-36951. RT-Tarviketieto. Rakennustietosäätiö. 04/2005. 4 s.
- [33] Lakka-harkot. Lakan Betoni Oy. Rakennustietosäätiö. 2008.
- [34] Kevytsoraharkot, eristeharkot, matalaenergiaharkot, valu- ja betoniharkot. Lujabetoni Oy. RT F-37559. Rakennustietosäätiö. 2008. 4 s.
- [35] Leca-harkkorakenteet. Suunnitteluohje. Maxit Oy. 10/2009.
- [36] HB-harkot. HB-Betoniteollisuus Oy. [WWW]. [Viitattu 22.6.2010]. Saatavissa: http://www.hb-betoni.fi/hb/hb_betoni/suomi/harkot/
- [37] Paroc-elementit. Paroc Oy. [WWW]. [Viitattu 22.6.2010]. Saatavissa: <http://www.paroc.fi/channels/fi/panel+system/products/default.asp>
- [38] Ruukki sandwich paneelit. Ruukki Oy. [WWW]. [Viitattu 22.6.2010]. Saatavissa: <http://www.ruukki.com/www/finland.nsf/Documents/202C9C2B1D1880C6C225764D00235905?OpenDocument&lang=1>
- [39] Thermisol-elementit. Thermisol Oy. RT G2-37655. Tarviketiedosto. Rakennustietosäätiö. 10/2008. 6 s.

LIITTEET

- Liite 1. Alapohjatyypin AP1, mv.tb-laatta, EPS-eriste 140/190mm
+AP1.2 märkätiloissa + laskelma
- Liite 2. Alapohjatyypin AP2, mv.tb-laatta, EPS-eriste 150mm
+AP2.2 märkätiloissa + laskelma
- Liite 3. Alapohjatyypin AP3, mv.tb-laatta, EPS-eriste 200mm
+AP3.2 märkätiloissa + laskelma
- Liite 4. Alapohjatyypin AP4, mv.tb-laatta, EPS-eriste 100/200mm
+AP4.2 märkätiloissa + laskelma
- Liite 5. Alapohjatyypin AP5, mv.tb-laatta, EPS-eriste 100mm (kellari)
+AP5.2 märkätiloissa + laskelma
- Liite 6. Alapohjatyypin AP6, vss mv.tb-laatta, EPS-eriste 140/190mm
+ laskelma
- Liite 7. Alapohjatyypin AP7, vss mv.tb-laatta, EPS-eriste 100mm (maanalainen)
+ laskelma
- Liite 8. Alapohjatyypin AP8, mv.tb-laatta, EPS-eriste 70/140mm (puolilämmin)
+ laskelma
- Liite 9. Alapohjatyypin AP9, mv.tb-laatta, XPS-eriste 100/200mm (teollisuustila)
+ laskelma
- Liite 10. Alapohjatyypin AP10, tuuletettu, ontelolaatta, EPS-eriste 200mm
+AP10.2 märkätiloissa + laskelma
- Liite 11. Alapohjatyypin AP11, tuuletettu, ontelolaatta, Thermisol platina EPS-
eriste 170mm + laskelma
- Liite 12. Alapohjatyypin AP12, tuuletettu, puurakenteinen, eristys 250mm,
tuuletusaukot $\leq 8 \text{ ‰}$ + laskelma
- Liite 13. Alapohjatyypin AP13, tuuletettu, puurakenteinen, eristys 275mm,
tuuletusaukot $> 8 \text{ ‰}$ + laskelma
- Liite 14. Ulkoseinätyypin US1, puurunko 150mm, eristys 250mm, puuverhous +
laskelma
- Liite 15. Ulkoseinätyypin US2, puurunko 150mm, eristys 250mm, tiiliverhous +
laskelma
- Liite 16. Ulkoseinätyypin US3, puurunko 150mm, eristys 250mm, puukuitulevy,
puuverhous + laskelma
- Liite 17. Ulkoseinätyypin US4, puurunko 150mm, eristys 250mm, puukuitulevy,
tiiliverhous + laskelma
- Liite 18. Ulkoseinätyypin US5, puurunko 150mm, eristys 250mm,
tuulensuojaeristyslevy, puuverhous + laskelma
- Liite 19. Ulkoseinätyypin US6, puurunko 150mm, eristys 250mm,
tuulensuojaeristyslevy, tiiliverhous + laskelma
- Liite 20. Ulkoseinätyypin US7, puurunko 150mm, eristys 200mm,
tuulensuojaeristyslevy, puuverhous + laskelma

- Liite 21. Ulkoseinätyyppi US8, puurunko 150mm, eristys 200mm, tuulensuojaeristyslevy, puuverhous + laskelma
- Liite 22. Ulkoseinätyyppi US9, betonirunko, eristys 200mm, tuulensuojaeristyslevy, puuverhous + laskelma
- Liite 23. Ulkoseinätyyppi US10, betonirunko, eristys 200mm, tuulensuojaeristyslevy, tiiliverhous + laskelma
- Liite 24. Ulkoseinätyyppi US11, betonirunko, eristys 220mm, kolmikerrosrappaus + laskelma
- Liite 25. Ulkoseinätyyppi US12, betonirunko, eristys 240mm, ohutrappaus + laskelma
- Liite 26. Ulkoseinätyyppi US13, betoni sandwich, mineraalivilla eristys 240mm + laskelma
- Liite 27. Ulkoseinätyyppi US14, tiilirunko, mineraalivilla eristys 200mm, tuulensuojaeristyslevy + laskelma
- Liite 28. Ulkoseinätyyppi US15, eristeharkko 380mm, ohutrappaus
- Liite 29. Ulkoseinätyyppi US16, valueristeharkko 400mm, ohutrappaus
- Liite 30. Ulkoseinätyyppi US17, pelti-sandwich-elementti 240mm
- Liite 31. Yläpohjatyypit YP1, kattoristikko, mineraalivilla + puhalluseristys. Lämmöneristystyyppi LE1, yläpohjan vaihtoehtoiset puhalluseristeet. Vedeneristystyyppi VE1, puualusta, luokka VE40 + laskelma
- Liite 32. Yläpohjatyypit YP2, kattoristikko, mineraalivilla/puhalluseristys. Lämmöneristystyyppi LE2, yläpohjan vaihtoehtoiset eristeet + laskelma
- Liite 33. Yläpohjatyypit YP3, ontelolaatta, mineraalivilla/puhalluseristys.
- Liite 34. Yläpohjatyypit YP4, vinokatto, mineraalivillaeristys + laskelma
- Liite 35. Yläpohjatyypit YP5, ontelolaatta, mineraalivillaeristys. Vedeneristystyyppi VE2, villa-alusta, luokka VE80 + laskelma
- Liite 36. Yläpohjatyypit YP6, TT-laatta, mineraalivillaeristys + laskelma
- Liite 37. Yläpohjatyypit YP7, Profiilipelti, mineraalivillaeristys + laskelma
- Liite 38. Yläpohjatyypit YP8, käännetty katto, XPS-eristys. Vedeneristystyyppi VE3, betonialusta, luokka VE80R + laskelma
- Liite 39. Perusmuurityypit PM1, kellarissa, EPS-eristys. Kosteudeneristystyyppi KE1, betonialusta, perusmuuri + laskelma

Mk



- | | | |
|----------|---|--|
| 20 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 100 mm | 2 | TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli |
| | 3 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2 |
| 140 mm | 4 | LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 70+70mm
1 m:n levyisellä reuna-alueella 140+50 mm |
| ≥ 200 mm | 5 | TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen |
| ≥ 500 mm | 6 | TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |
| | 7 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 8 | PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100 |

TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan,
- radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskaisilla,
- liikunta-/kutistumasauamat rakennepiirustusten mukaan
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

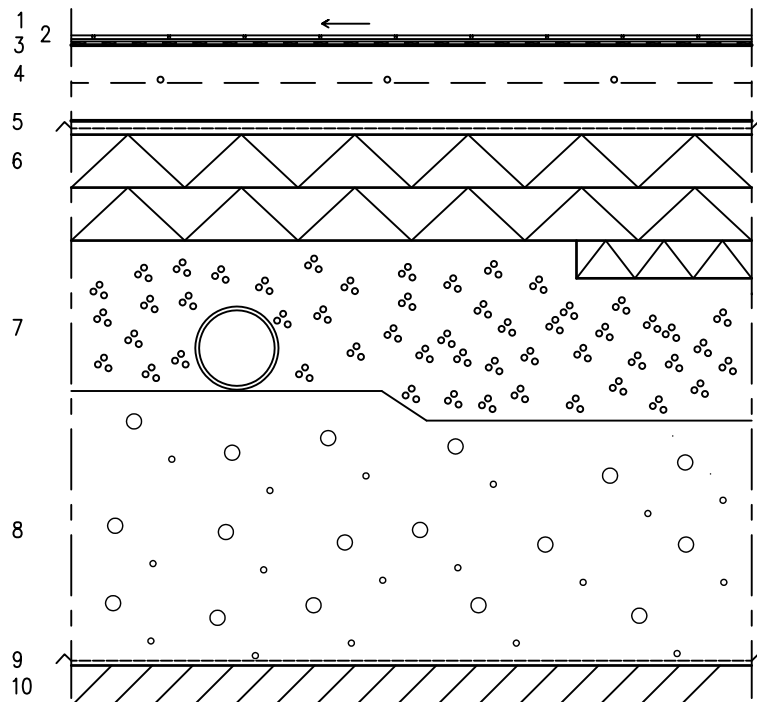
1m:n reuna-alueilla $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energiatodistuskalkennassa käytettävät arvot: reuna-alueilla $U = 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$,
sisä-alueilla $U = 0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- 1 KERAAMISET LATTIALAATAT huoneselostuksen mukaan
- 2 KIINNITYSLAASTI laattavalmistajan ohjeiden mukaan
- 3 TYYPPIHVÄKSYTTY VEDENERISTYSJÄRJESTELMÄ
asennus tyyppihväkсыннän ja materiaalivalmistajan ohjeiden mukaan.
- 100 mm 4 TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
pinnan kallistukset 1:100 (kaivojen ympärykset 1:50)
raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli
lattialämmityskaapelit sidotaan raudoitusverkkoon sähkösuunnitelmien mukaan
- 140 mm 5 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2
- 6 LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 70+70mm
1 m:n levyisellä reuna-alueella 140+50 mm
- ≥ 200 mm 7 TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen
- ≥ 500 mm 8 TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan
- 9 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä
- 10 PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100

TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan, radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskaistalla, liikunta-/kutistumasauamat rakennepiirustusten mukaan
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

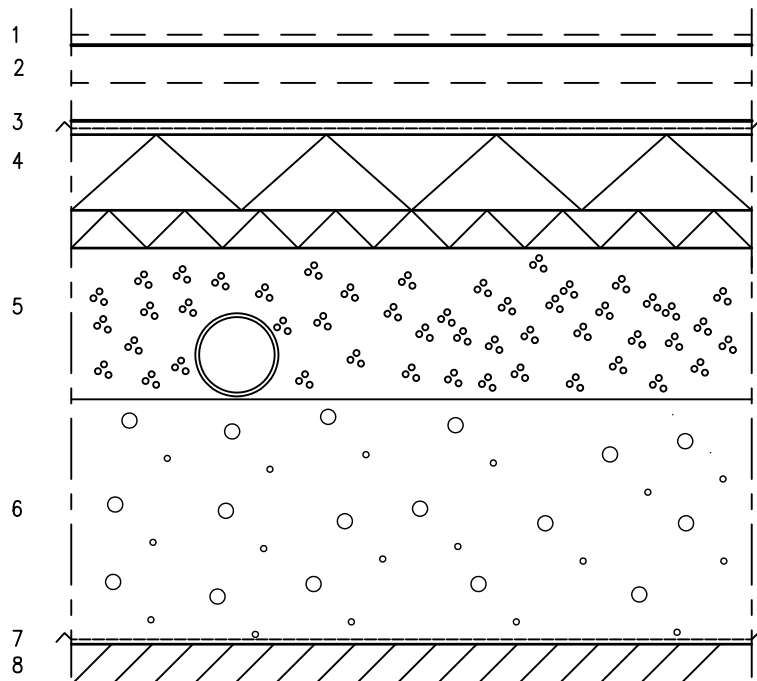
1m:n reuna-alueilla $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energiatodistuskalkennassa käytettävät arvot: reuna-alueilla $U = 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|----------|---|--|
| 20 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 100 mm | 2 | TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli |
| | 3 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2 |
| 150 mm | 4 | LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 100+50mm |
| ≥ 200 mm | 5 | TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen |
| ≥ 500 mm | 6 | TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |
| | 7 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 8 | PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100 |

TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan,
- radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskaisilla,
- liikunta-/kutistumasauamat rakennepiirustusten mukaan
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

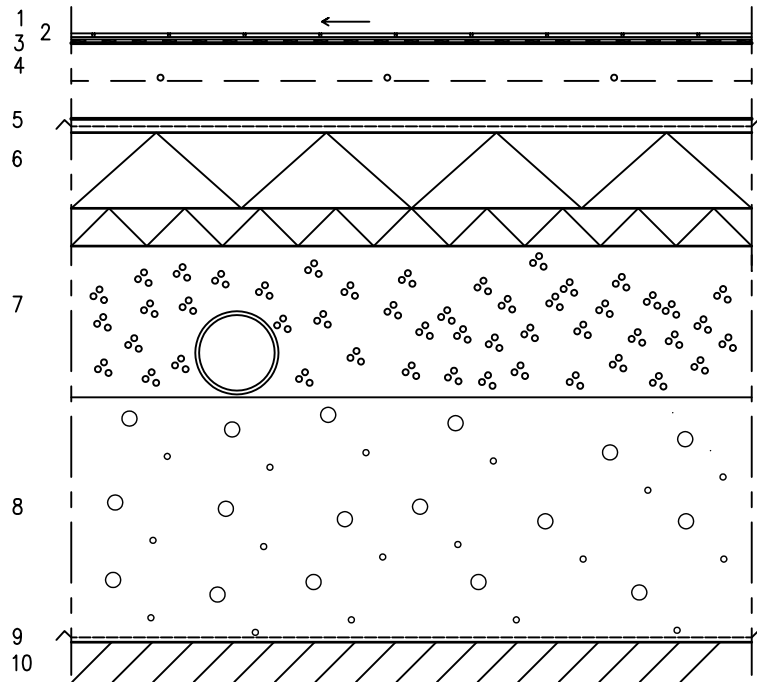
1m:n reuna-alueilla $U = 0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energiatodistuskalkennassa käytettävä kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- 1 KERAAMISET LATTIALAATAT huoneselostuksen mukaan
- 2 KIINNITYSLAASTI laattavalmistajan ohjeiden mukaan
- 3 TYYPIHYVÄKSYTTY VEDENERISTYSJÄRJESTELMÄ
asennus tyyppihyväksynnän ja materiaalivalmistajan ohjeiden mukaan.
- 100 mm 4 TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
pinnan kallistukset 1:100 (kaivojen ympärökset 1:50)
raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli
lattialämmityskaapelit sidotaan raudoitusverkkoon sähkösuunnitelmien mukaan
- 150 mm 5 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2
- ≥ 200 mm 6 LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 100+50mm
- ≥ 500 mm 7 TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen
- 8 TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan
- 9 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä
- 10 PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100

TOTEUTUSOHJEET:


- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan,
- radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskalalla,
- liikunta-/kutistumasauhat rakennepiirustusten mukaan
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

1m:n reuna-alueilla $U = 0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$

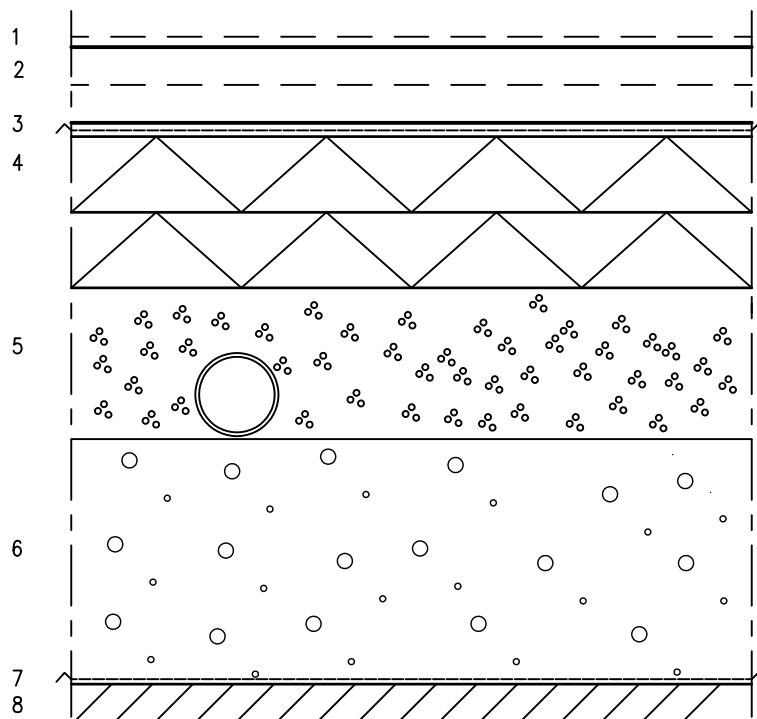
Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energiatodistuskalkennassa käytettävä kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$

 Joensuun Juva Oy Penttiläinkatu 1F 80220 JOENSUU Puh (013)137980 Fax (013)137987	Rakennuskohde		Alapohja, yleensä EPS-eristys 200mm		Liite 3.	
	Diplomityö					
	—					
						AP3
	Päiväys 10.09.2010	Tekijä TRa	Työ nro JU10690			

Mk



20 mm	1	PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY huoneselostuksen mukaan
100 mm	2	TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30 raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli
	3	SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2
200 mm	4	LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 100+100mm
≥ 200 mm	5	TIIVISTETTY SALAOJASORA rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen
≥ 500 mm	6	TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan
	7	SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä
	8	PERUSMAA kallistus salaojiin 1:100

TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan,
- radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskaisilla,
- liikunta-/kutistumasauamat rakennepiirustusten mukaan
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

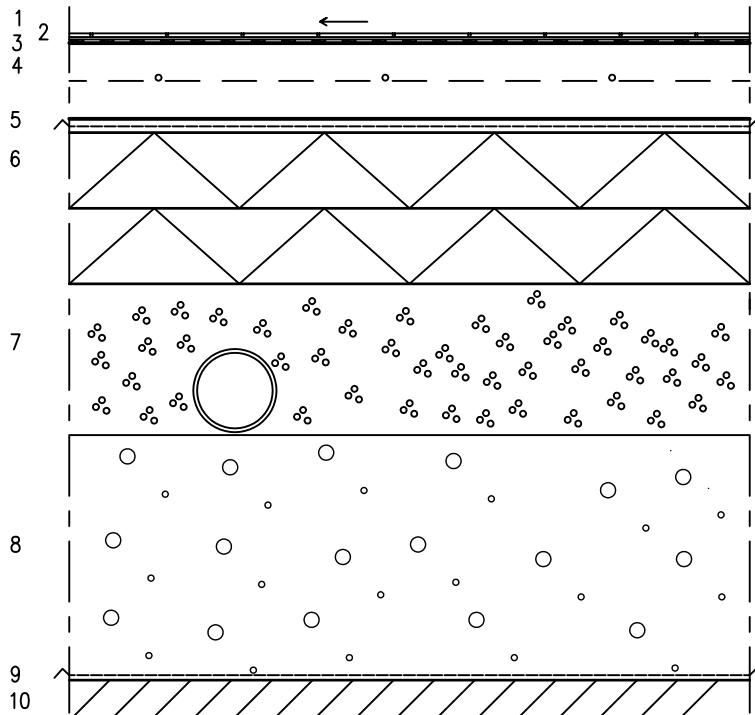
1m:n reuna-alueilla $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energiatodistuskalkennassa käytettävä kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- 1 KERAAMISET LATTIALAATAT huoneselostuksen mukaan
- 2 KIINNITYSLAASTI laattavalmistajan ohjeiden mukaan
- 3 TYYPPIHYVÄKSYTTY VEDENERISTYSJÄRJESTELMÄ
asennus tyyppihyväksynnän ja materiaalivalmistajan ohjeiden mukaan.
- 100 mm 4 TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
pinnan kallistukset 1:100 (kaivojen ympärykset 1:50)
raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli
lattialämmityskaapelit sidotaan raudoitusverkkoon sähkösuunnitelmien mukaan
- 200 mm 5 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2
- ≥ 200 mm 6 LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 100+100mm
- ≥ 500 mm 7 TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen
- 8 TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan
- 9 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä
- 10 PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100

TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan,
- radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskalalla,
- liikunta-/kutistumasaumat rakennepiirustusten mukaan
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

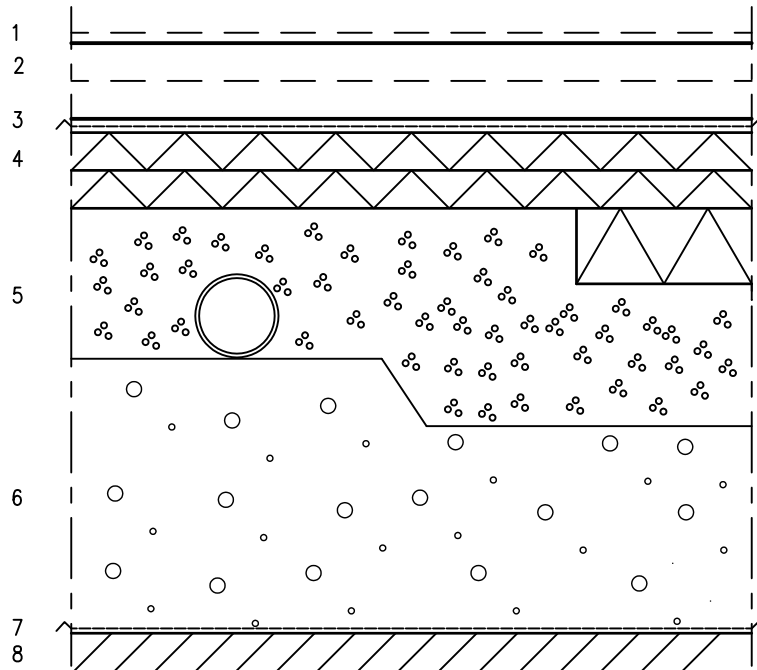
1m:n reuna-alueilla $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energiatodistuskalkennassa käytettävä kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|----------|---|--|
| 20 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 100 mm | 2 | TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli |
| | 3 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2 |
| 100 mm | 4 | LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 50+50mm
1 m:n levyisellä reuna-alueella 100+100 mm |
| ≥ 200 mm | 5 | TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen |
| ≥ 500 mm | 6 | TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |
| | 7 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 8 | PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100 |

TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan, radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskalustalla, liikunta-/kutistumasaumat rakennepiirustusten mukaan
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

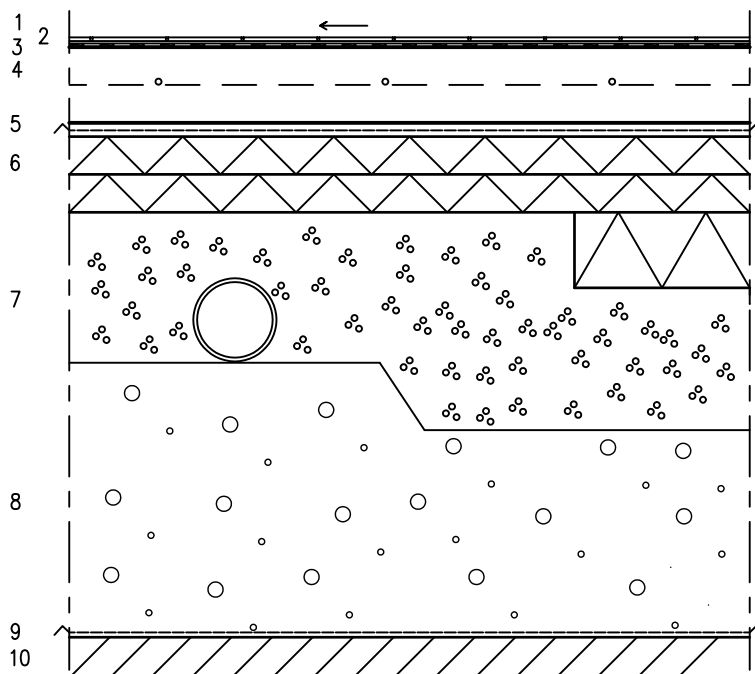
1m:n reuna-alueilla $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energiatodistuskalkulaatossa käytettävät arvot: reuna-alueilla $U = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- 1 KERAAMISET LATTIALAATAT huoneselostuksen mukaan
- 2 KIINNITYSLAASTI laattavalmistajan ohjeiden mukaan
- 3 TYYPPIHVÄKSYTTY VEDENERISTYSJÄRJESTELMÄ
asennus tyyppihväkсыннän ja materiaalivalmistajan ohjeiden mukaan.
- 100 mm 4 TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
pinnan kallistukset 1:100 (kaivojen ympärökset 1:50)
raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli
lattialämmityskaapelit sidotaan raudoitusverkkoon sähkösuunnitelmien mukaan
- 100 mm 5 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2
- ≥ 200 mm 6 LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 50+50mm
1 m:n levyisellä reuna-alueella 100+100 mm
- ≥ 500 mm 7 TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen
- 8 TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan
- 9 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä
- 10 PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100

TOTEUTUSOHJEET:


- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan,
- radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskaisalla,
- liikunta-/kutistumasauamat rakennepiirustusten mukaan
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

1m:n reuna-alueilla $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

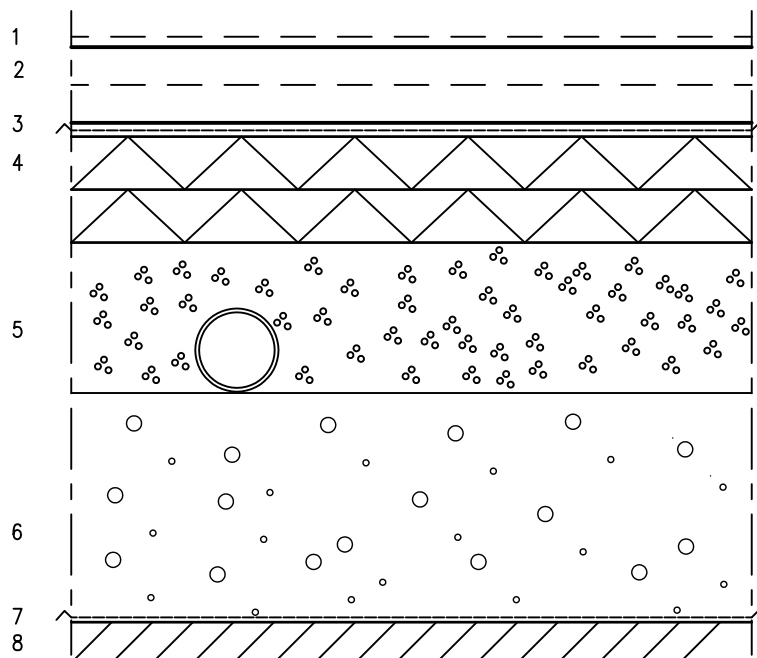
Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energiatodistuslaskennassa käytettävät arvot: reuna-alueilla $U = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$,
sisä-alueilla $U = 0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

 Joensuun Juva Oy Penttiläinkatu 1F 80220 JOENSUU Puh (013)137980 Fax (013)137987	Rakennuskohde Diplomityö		Alapohja, yleensä (kellarin lattia) EPS-eristys 100mm		Liite 5.
	—				
				AP5	
	Päiväys 10.09.2010	Tekijä TRa	Työ nro JU10690		

Mk



20 mm	1	PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY huoneselostuksen mukaan
100 mm	2	TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30 raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli
	3	SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2
100 mm	4	LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 50+50mm
≥ 200 mm	5	TIIVISTETTY SALAOJASORA rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen
≥ 300 mm	6	TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan
	7	SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä
	8	PERUSMAA kallistus salaojiin 1:100


TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan,
- radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskaistalla,
- liikunta-/kutistumasauamat rakennepiirustusten mukaan
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

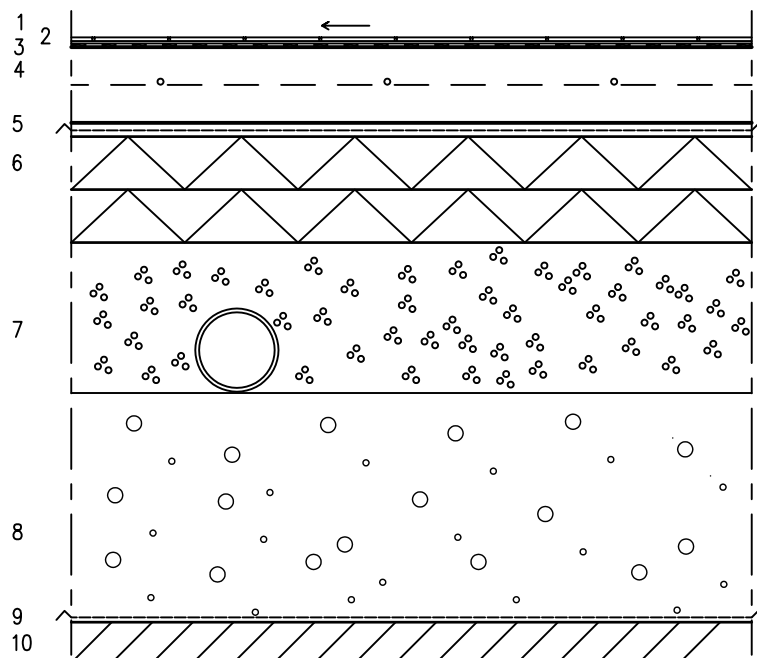
Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energiatodistuskalkennassa käytettävä kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$

 Joensuun Juva Oy Penttiläkatu 1F 80220 JOENSUU Puh (013)137980 Fax (013)137987	Rakennuskohde		Alapohja, määrittämissätiloissa (kellarin lattia) EPS-eristys 100mm		Liite 5.	
	Diplomityö					
	—					
						AP5.2
	Päiväys 10.09.2010	Tekijä TRa	Työ nro JU10690			

Mk



- | | |
|----------|---|
| 1 | KERAAMISET LATTIALAATAT huoneselostuksen mukaan |
| 2 | KIINNITYSLAASTI laattavalmistajan ohjeiden mukaan |
| 3 | TYYPPIHYVÄKSYTTY VEDENERISTYSJÄRJESTELMÄ
asennus tyyppihyväksynnän ja materiaalivalmistajan ohjeiden mukaan. |
| 100 mm | 4 TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
pinnan kallistukset 1:100 (kaivojen ympärykset 1:50)
raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 500 K, verkkojen limitus yksi silmäväli
lattialämmityskaapelit sidotaan raudoitusverkkoon sähkösuunnitelmien mukaan |
| 100 mm | 5 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2 |
| ≥ 200 mm | 6 LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 50+50mm |
| ≥ 300 mm | 7 TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen |
| | 8 TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |
| | 9 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 10 PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100 |

TOTEUTUSOHJEET:

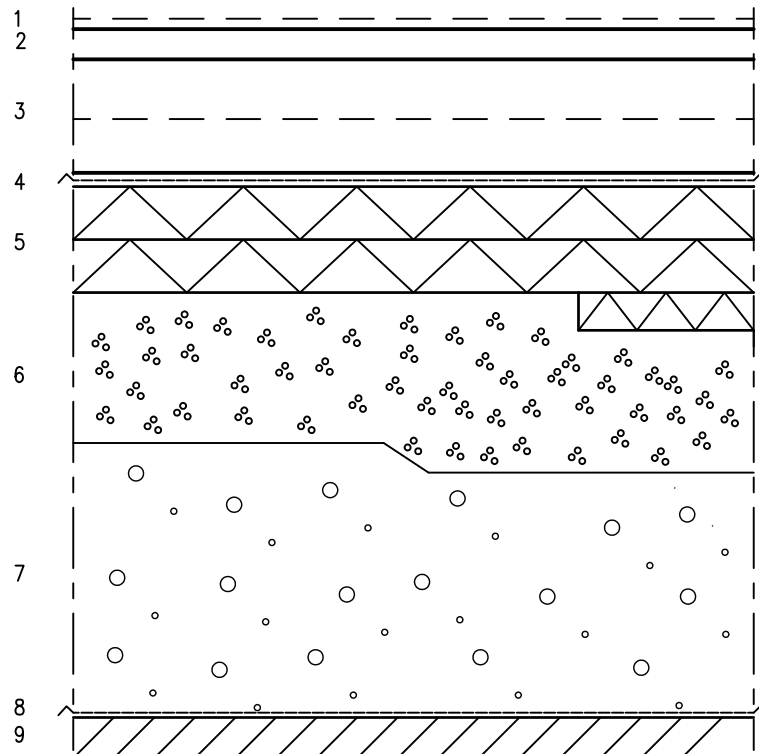
- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan, radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivästä rakenteista irroituskalalla, liikunta-/kutistumasäätimet rakennepiirustusten mukaan
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energiatodistuskalkulaatissa käytettävä kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



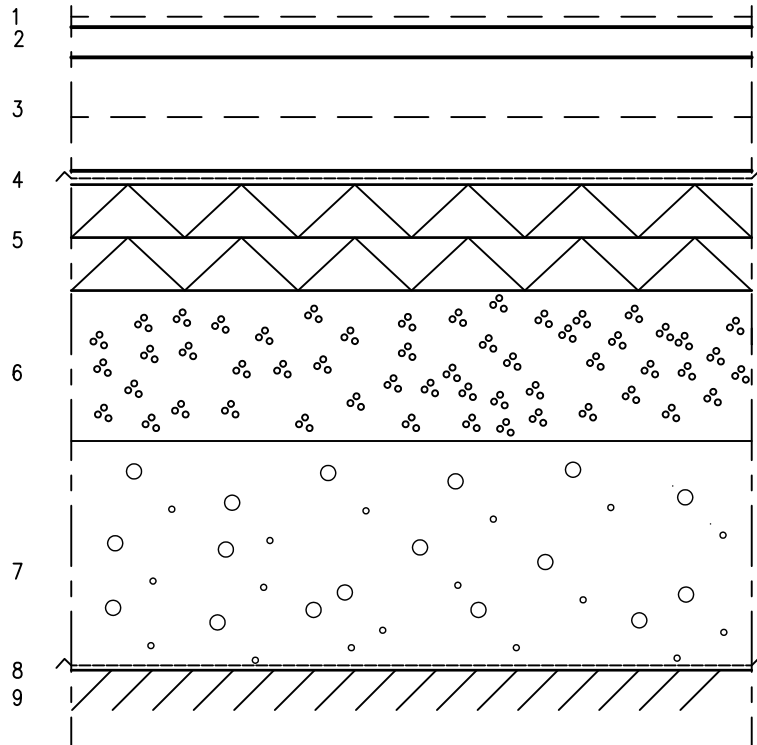
- | | |
|----------|--|
| 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 40 mm | 2 TASAUSBETONI, BY 45, luokka A-4-30
pinta kevythiotaan |
| 150 mm | 2 TERÄSBETONILAATTA
raudoitus: keskeinen verkko 8-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli |
| 140 mm | 3 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2 |
| ≥ 200 mm | 4 LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 70+70mm
1 m:n levyisellä reuna-alueella 140+50 mm |
| ≥ 500 mm | 5 TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen |
| | 6 TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |
| | 7 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 8 PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100 |

TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

1m:n reuna-alueilla $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$
 C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Energiatodistuskalkulaatissa käytettävät arvot: reuna-alueilla $U = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$,
 sisä-alueilla $U = 0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | |
|----------|--|
| 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 40 mm | 2 TASAUSBETONI, BY 45, luokka A-4-30
pinta kevythiotaan |
| 150 mm | 2 TERÄSBETONILAATTA
raudoitus: keskeinen verkko 8-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli |
| 100 mm | 3 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2 |
| ≥ 200 mm | 4 LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 50+50mm
1 m:n levyisellä reuna-alueella 140+50 mm |
| ≥ 300 mm | 5 TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen |
| | 6 TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |
| | 7 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 8 PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100 |


TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

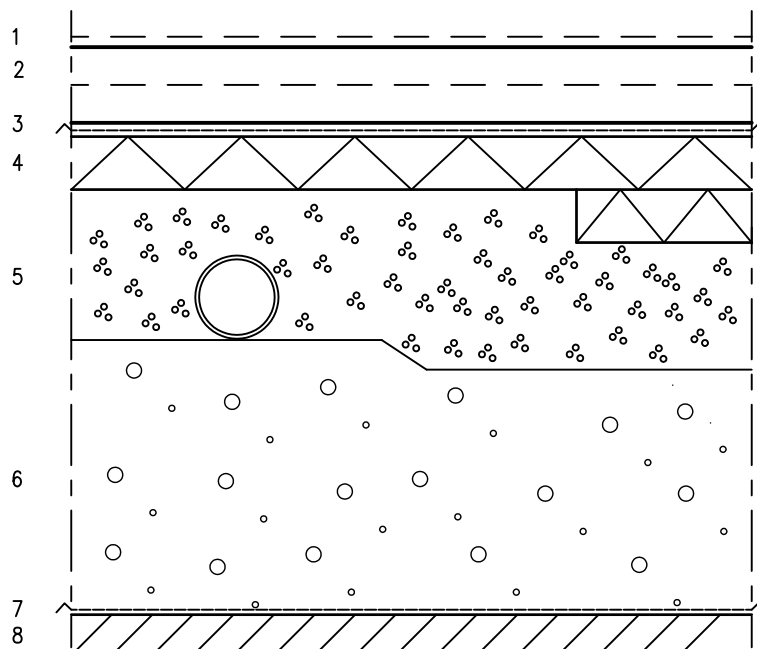
Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Energiatodistuskalkulaatissa käytettävä kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$

 Joensuun Juva Oy Penttiläinkatu 1F 80220 JOENSUU Puh (013)137980 Fax (013)137987	Rakennuskohde		Alapohja, puolilämmintila, yleensä EPS-eristys 70/140mm		Liite 8.
	Diplomityö				
	—				
	Päiväys	Tekijä	Työ nro	AP8	
	10.09.2010	TRa	JU10690		

Mk



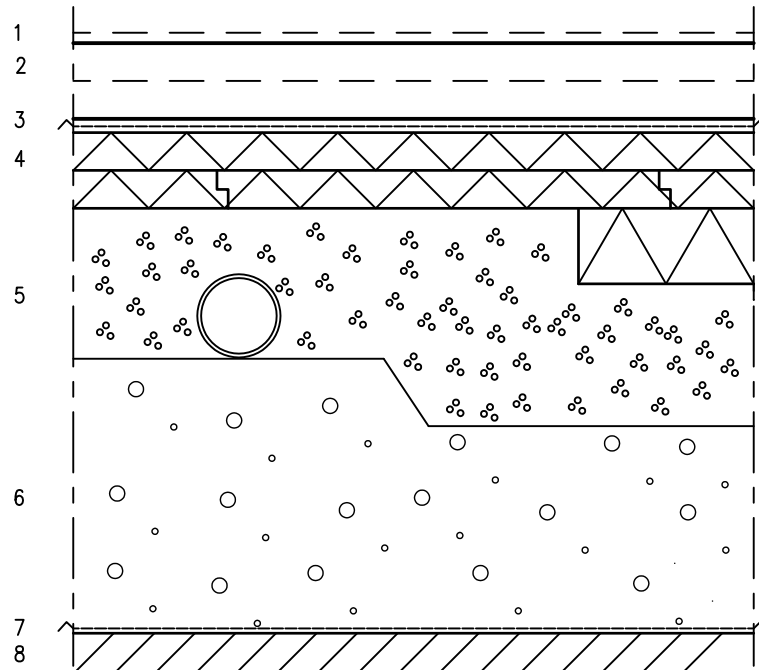
- | | | |
|----------|---|--|
| 20 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 100 mm | 2 | TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli |
| | 3 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2 |
| 70 mm | 4 | LÄMMÖNERISTE, EPS-Lattia-100 70mm
1 m:n levyisellä reuna-alueella 70+70 mm |
| ≥ 200 mm | 5 | TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen |
| ≥ 500 mm | 6 | TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |
| | 7 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 8 | PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100 |

TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan, radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskaistalla, liikunta-/kutistumasauamat rakennepiirustusten mukaan
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

1m:n reuna-alueilla $U = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, sisä-alueilla $U = 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$
Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$
C3/2010 vaatimus: puolilämmin tila $U \leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$
Energiatodistuskalkennassa käytettävät arvot: reuna-alueilla $U = 0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$,
sisä-alueilla $U = 0.43 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|---------------|---|---|
| 20 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 120 mm | 2 | TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
raudoitus: rakennesuunnitelmien mukaan, verkkojen limitus yksi silmäväli |
| | 3 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2 |
| 100 mm | 4 | LÄMMÖNERISTE, XPS-300 50+50mm ($\lambda_{design} \leq 0,037 W/mK$) puolipontattu,
Finnfoam FL-300 tai vastaava
1 m:n levyisellä reuna-alueella 50+50+100 mm |
| ≥ 200 mm | 5 | TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva 3.6, käyrä 1a mukainen |
| ≥ 500 mm | 6 | TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |
| | 7 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 8 | PERUSMAA
kallistus salaojiin 1:100 |

TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen sorakerroksen asentamista
- Radonpoisto saaojituskerrokseen rakennepiirustusten mukaan,
- radonpoisto vesikatolle LVI-suunnitelmien mukaan
- Laatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskalustalla,
- liikunta-/kutistumasauhat rakennepiirustusten mukaan

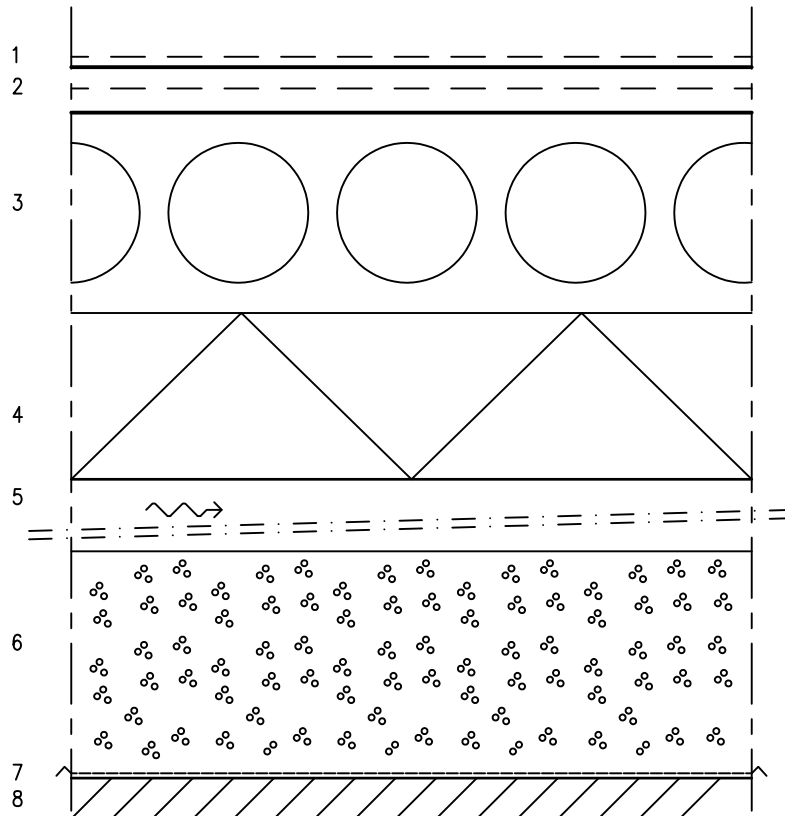
1m:n reuna-alueilla $U = 0.15 W/m^2K$, sisä-alueilla $U = 0.16 W/m^2K$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? W/m^2K$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,16 W/m^2K$

Energiatodistuskalkulaari käytettävät arvot: reuna-alueilla $U = 0.17 W/m^2K$,
sisä-alueilla $U = 0.32 W/m^2K$. Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? W/m^2K$

Mk



- | | | |
|----------|---|---|
| 20 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 60 mm | 2 | PINTABETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
raudoitus: keskeinen verkko 4-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli |
| 265 mm | 3 | ONTELOLAATTA, rakennesuunnitelmien mukaan
yläpinta harjattu |
| 220 mm | 4 | LÄMMÖNERISTE, EPS-lattia-60S 220mm, liimattu ontelolaattaan,
saumat tiivistetään polyuretaanivaahdolla |
| ≥ 800 mm | 5 | TUULETETTU ALUSTILA |
| ≥ 300 mm | 6 | TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen |
| | 7 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 8 | PERUSMAA/TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
kallistus salaojiin 1:100, tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |

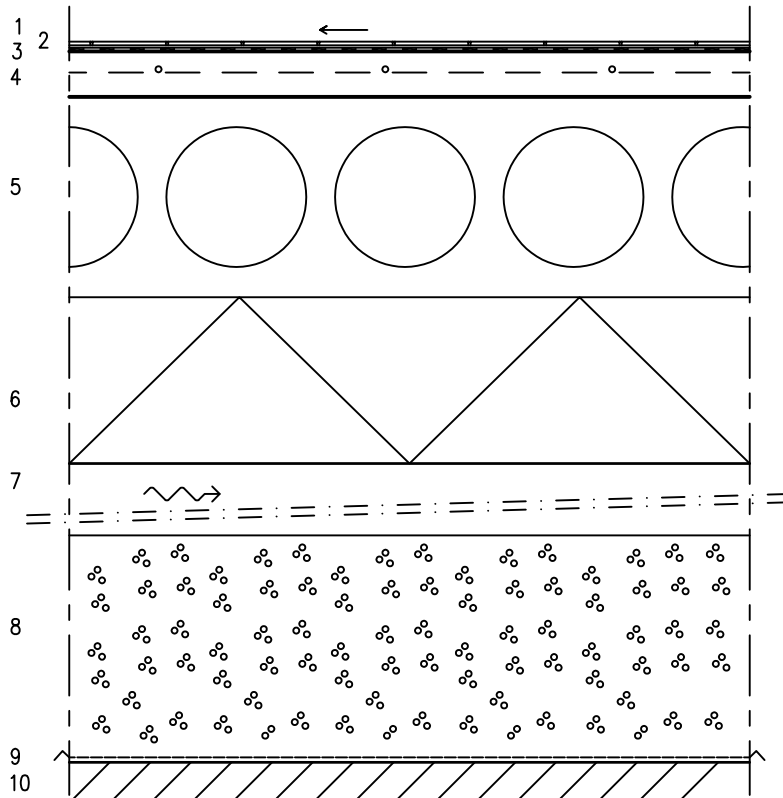
TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen salaojasorakerroksen asentamista
- Lämmöneristyslevyt tiivistetään saumoista, sokkeliiliittymistä ja läpimenojen kohdilta polyuretaanivaahdolla
- Pintabetonilaatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskaitalla, liikunta-/kutistumasaumat rakennepiirustusten mukaan
- Alustilassa painovoimainen tai koneellinen tuuletus LVS-suunnitelmien mukaan, korvausilma-aukot sokkelissa. Aukkopinta-ala enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- 1 KERAAMISET LATTIALAATAT huoneselostuksen mukaan
- 2 KIINNITYSLAASTI laattavalmistajan ohjeiden mukaan
- 3 TYYPIHYVÄKSYTTY VEDENERISTYSJÄRJESTELMÄ
asennus tyyppihyväksynnän ja materiaalivalmistajan ohjeiden mukaan.
- 60 mm 4 PINTABETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
pinnan kallistukset 1:100 (kaivojen ympärykset 1:50)
raudoitus: keskeinen verkko 4-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli
- 265 mm 5 ONTELOLAATTA, rakennesuunnitelmien mukaan
yläpinta harjattu
- 220 mm 6 LÄMMÖNERISTE, EPS-lattia-60S 220mm, liimattu ontelolaattaan,
saumat tiivistetään polyuretaanivaahdolla
- ≥ 800 mm 7 TUULETETTU ALUSTILA
- ≥ 300 mm 8 TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen
- 9 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä
- 10 PERUSMAA/TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
kallistus salaojiin 1:100, tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan

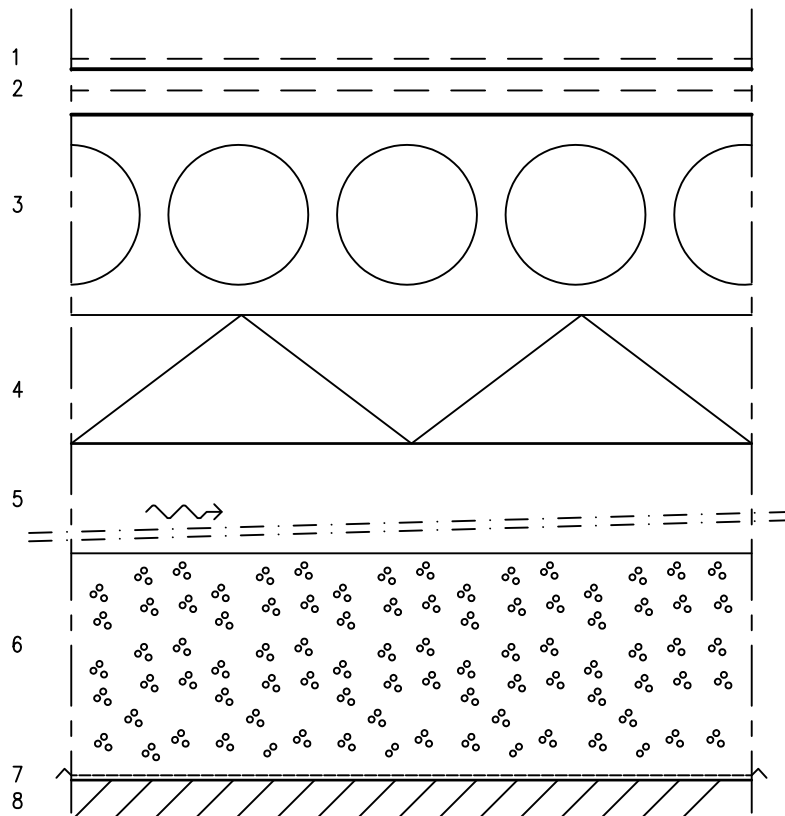
TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen salaojasorakerroksen asentamista
- Lämmöneristyslevyt tiivistetään saumoista, sokkeliiliittymistä ja läpimenojen kohdilta polyuretaanivaahdolla
- Pintabetonilaatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskaidalla, liikunta-/kutistumasaumaa rakennepiirustusten mukaan
- Alustilassa painovoimainen tai koneellinen tuuletus LVS-suunnitelmien mukaan, korvausilma-aukot sokkelissa. Aukkopinta-ala enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS-2000 tuoteluokitus

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|----------|---|--|
| 20 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 60 mm | 2 | PINTABETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-30
raudoitus: keskeinen verkko 4-150 B 500 K, verkkojen limitys yksi silmäväli |
| 265 mm | 3 | ONTELOLAATTA, rakennesuunnitelmien mukaan
yläpinta harjattu |
| 170 mm | 4 | LÄMMÖNERISTE, Thermisol platina lattia 170mm tai vastaava, liimattu ontelolaattaan,
saumat tiivistetään polyuretaanivaahdolla |
| ≥ 800 mm | 5 | TUULETETTU ALUSTILA |
| ≥ 300 mm | 5 | TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen |
| | 7 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 8 | PERUSMAA/TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
kallistus salaojiin 1:100, tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |

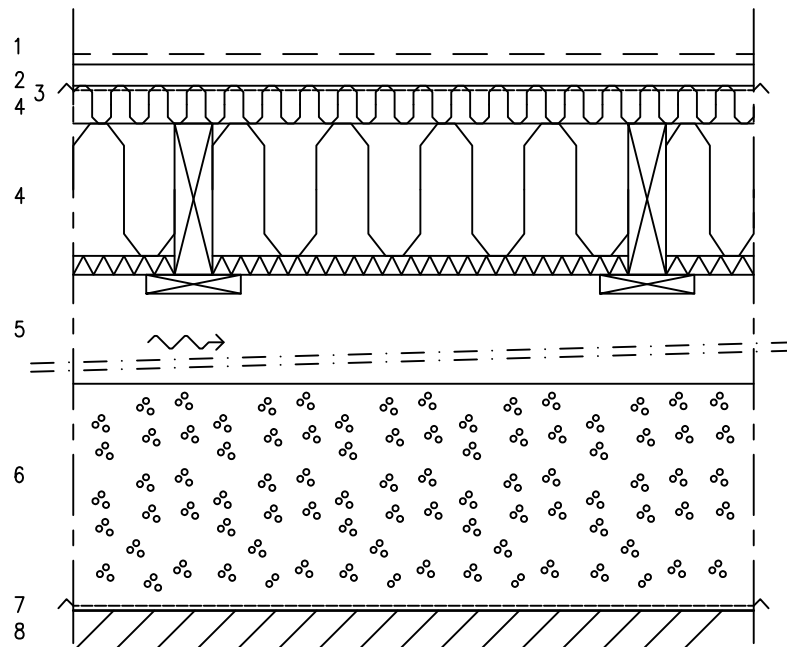
TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen salaojasorakerroksen asentamista
- Lämmöneristyslevyt tiivistetään saumoista, sokkeliiliittymistä ja läpimenojen kohdilta polyuretaanivaahdolla
- Pintabetonilaatta irroitetaan ympäröivistä rakenteista irroituskaidalla, liikunta-/kutistumasaumot rakennepiirustusten mukaan
- Alustilassa painovoimainen tai koneellinen tuuletus LVS-suunnitelmien mukaan, korvausilma-aukot sokkelissa. Aukkopinta-ala enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta
- Lämmöneristeen tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,031 W/mK$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,17 W/m^2K$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 W/m^2K$

Mk



- | | | |
|---------------|---|---|
| 20 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 28 mm | 2 | YMPÄRIPONTATTU LASTULEVY
levyjen kiinnitys toisiinsa ja juoksuihin liimaamalla ja
ruuvaamalla (ruuvit 4*60) koolauksiin, levyn reunoilla k200 keskellä k300 |
| 0,2 mm | 3 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyteenikalvo, SFS4225 luokka E)
saumat limitetty 200mm koolauksien kohdalla ja teipattu polyeteeniteipillä |
| 50 mm | 4 | PUUKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 200 mm | 5 | LATTIAKANNAKKEET 200*50 k600 + MINERAALIVILLA 175mm +
HUOKOINEN PUUKUITULEVY 25mm, esim. Runkoleijona
lattiakannakkeiden alareunassa hyllylaudat 25*125 |
| ≥ 800 mm | 6 | TUULETETTU ALUSTILA |
| ≥ 300 mm | 7 | TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen |
| | 8 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 9 | PERUSMAA/TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
kallistus salaojiin 1:100, tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |

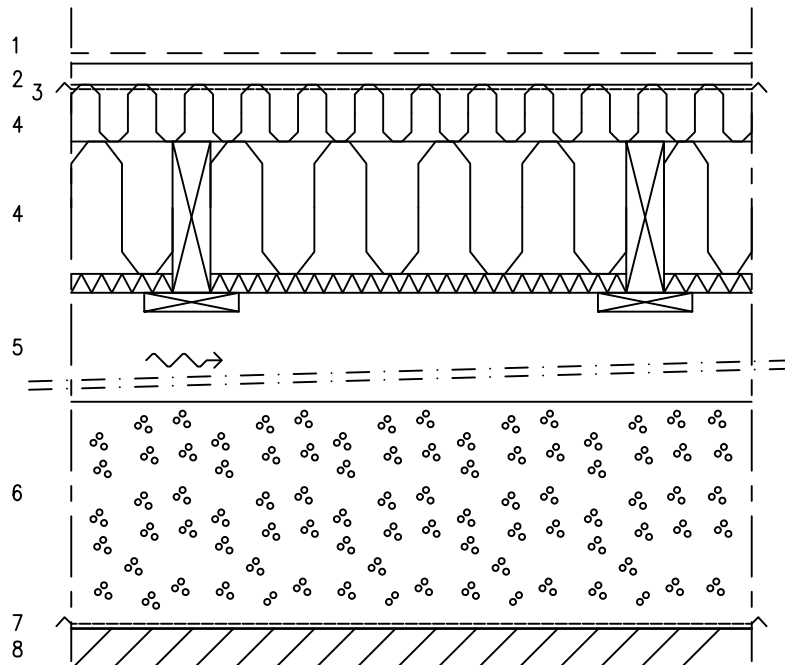
TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen salaojasorakerroksen asentamista
- Alustilassa painovoimainen tai koneellinen tuuletus LVS-suunnitelmien mukaan, korvausilma-aukot sokkelissa. Aukkopinta-ala enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Huokoisen puukuitulevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,053 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|----------|---|---|
| 20 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 28 mm | 2 | YMPÄRIPONTATTU LASTULEVY
levyjen kiinnitys toisiinsa ja juoksuihin liimaamalla ja
ruuvaamalla (ruuvit 4*60) koolauksiin, levyn reunoilla k200 keskellä k300 |
| 0,2 mm | 3 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyteenikalvo, SFS4225 luokka E)
saumat limitetty 200mm koolauksien kohdalla ja teipattu polyteeniteipillä |
| 75 mm | 4 | PUUKOOLAUS 75*50 k600 + MINERAALIVILLA 75mm |
| 200 mm | 5 | LATTIAKANNAKKEET 200*50 k600 + MINERAALIVILLA 175mm +
HUOKOINEN PUUKUITULEVY 25mm, esim. Runkoleijona
lattiakannakkeiden alareunassa hyllylaudat 25*125 |
| ≥ 800 mm | 6 | TUULETETTU ALUSTILA |
| ≥ 300 mm | 7 | TIIVISTETTY SALAOJASORA
rakeisuusalue RIL126-2009, kuva3.6, käyrä 1a mukainen |
| | 8 | SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2, kun pohjamaa on savea tai silttiä |
| | 9 | PERUSMAA/TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
kallistus salaojiin 1:100, tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan |

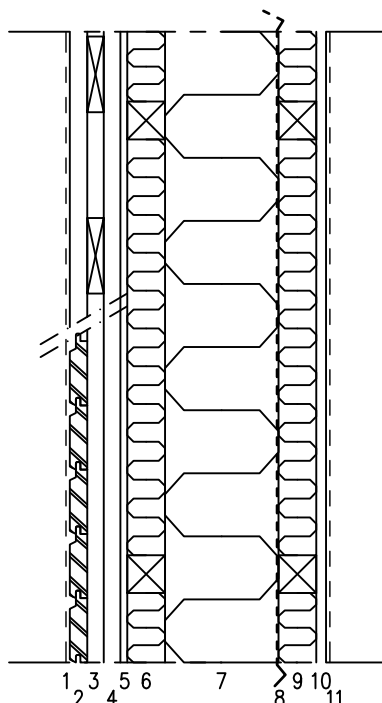
TOTEUTUSOHJEET:

- Pinta- ja humusmaat poistetaan ennen salaojasorakerroksen asentamista
- Alustilassa painovoimainen tai koneellinen tuuletus LVS-suunnitelmien mukaan, korvausilma-aukot sokkelissa. Aukkopinta-ala suurempi kuin 8 promillea alapohjan pinta-alasta
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Huokoisen puukuitulevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,053 \text{ W/mK}$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|--------|----|---|
| | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| 23 mm | 2 | VAAKA-/PYSTYPUUVERHOUS |
| | | rakennusselostuksen mukaan |
| 22 mm | 3 | PYSTY-/VAAKAKOOLAUS 22*100 k600 |
| 22 mm | 4 | PYSTYKOOLAUS 22*100 k600 |
| 9 mm | 5 | TUULENSUOJAKIPSILEVY, esim. Gyproc GTS tai vastaava |
| | | levytys pystyyn ja levyn pystysaumot teipataan tyvec teipillä |
| | | levyjen kiinnitys ruuvaamalla k200 Gyproc QU 32mm |
| 50 mm | 6 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 150 mm | 7 | PUURUNKO 50*150 k600 + MINERAALIVILLA 150mm |
| 0,2 mm | 8 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyteenikalvo, SFS4225 luokka E) |
| | | saumat limitetty 200mm runkotolpan kohdalla ja teipattu polyteeniteipillä |
| 50 mm | 9 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 13 mm | 10 | ERIKOISKOVAKIPSILEVY, esim. Gyproc GEK tai vastaava |
| | | levytys pystyyn ja levyn pystysaumoihin Gyproc T-tukilista pystyyn läpi |
| | | nurkissa kulmaprofiili Gyproc H tai VPB |
| | | levyjen kiinnitys ruuvaamalla k200 Gyproc QSTR 41mm |
| | 11 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| | | huoneselostuksen mukaan |

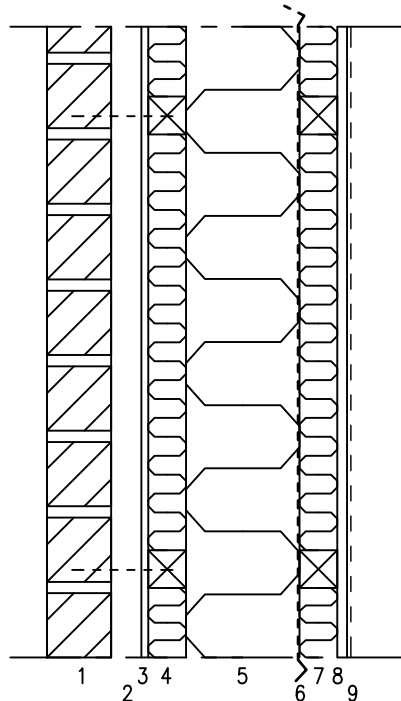
TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|--------|---|--|
| 85 mm | 1 | JULKISIVUTIILI
rakennusselostuksen mukaan
muurauslaasti M 100/600
raudoitus ja liikuntasaumot rakennesuunnitelmien
ja valmistajan ohjeiden mukaan |
| 40 mm | 2 | TUULETUSRAKO |
| 9 mm | 3 | TUULENSUOJAKIPSILEVY, esim. Gyproc GTS tai vastaava
levytys pystyyn ja levyn pystysaumot teipataan tyvec teipillä
levyjen kiinnitys ruuvaamalla k200 Gyproc QU 32mm |
| 50 mm | 4 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 150 mm | 5 | PUURUNKO 50*150 k600 + MINERAALIVILLA 150mm |
| 0,2 mm | 6 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyteenikalvo, SFS4225 luokka E)
saumat limitetty 200mm runkotolpan kohdalla ja teipattu polyeteeniteipillä |
| 50 mm | 7 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 13 mm | 8 | ERIKOISKOVAKIPSILEVY, esim. Gyproc GEK tai vastaava
levytys pystyyn ja levyn pystysaumoihin Gyproc T-tukilista pystyyn läpi
nurkissa kulmaprofiili Gyproc H tai VPB
levyjen kiinnitys ruuvaamalla k200 Gyproc QSTR 41mm |
| | 9 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

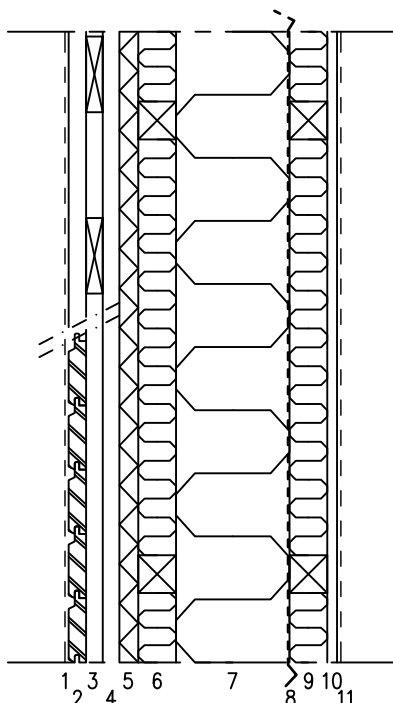
TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden
päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Muuraus sidotaan runkoon Ø4 rst-muuraussitein väh. 4 kpl/m²
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|--------|----|--|
| 23 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
rakennusselostuksen mukaan |
| | 2 | VAAKA-/PYSTYPUUVERHOUS
rakennusselostuksen mukaan |
| 22 mm | 3 | PYSTY-/VAAKAKOOLAUS 22*100 k600 |
| 22 mm | 4 | PYSTYKOOLAUS 22*100 k600 |
| 25 mm | 5 | HUOKOINEN PUUKUITULEVY 25mm, esim. Runkoleijona tai vastaava
levytys pystyyn ja levyn pystysaumot teipataan tyvec teipillä
levyjen kiinnitys huopanaula k200 3,1*32mm |
| 50 mm | 6 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 150 mm | 7 | PUURUNKO 50*150 k600 + MINERAALIVILLA 150mm |
| 0,2 mm | 8 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyeteenikalvo, SFS4225 luokka E)
saumat limitetty 200mm runkotolpan kohdalla ja teipattu polyeteeniteipillä |
| 50 mm | 9 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 13 mm | 10 | ERIKOISKOVAKIPSILEVY, esim. Gyproc GEK tai vastaava
levytys pystyyn ja levyn pystysaumoihin Gyproc T-tukilista pystyyn läpi
nurkissa kulmaprofiili Gyproc H tai VPB
levyjen kiinnitys ruuvaamalla k200 Gyproc QSTR 41mm |
| | 11 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

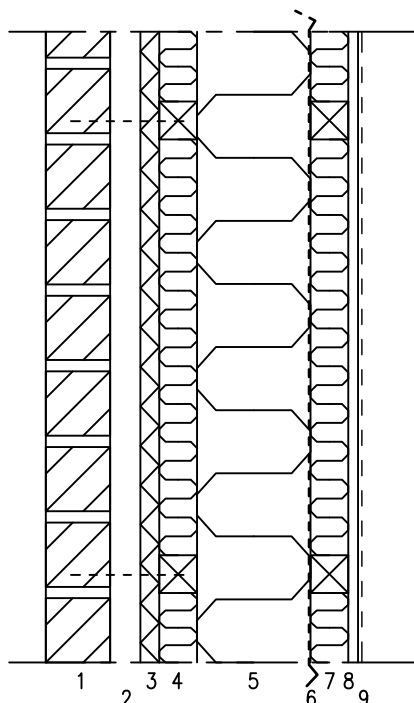
TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 W/mK$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} m^3/msPa$
- Huokoisen puukuitulevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,053 W/mK$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 10 \cdot 10^{-6} m^3/msPa$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.16 W/m^2K$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 W/m^2K$

Mk



- | | | |
|--------|---|--|
| 85 mm | 1 | JULKISIVUTIILI
rakennusselostuksen mukaan
muurauslaasti M 100/600
raudoitus ja liikuntasaumot rakennesuunnitelmien
ja valmistajan ohjeiden mukaan |
| 40 mm | 2 | TUULETUSRAKO |
| 25 mm | 3 | HUOKOINEN PUUKUITULEVY 25mm, esim. Runkoleijona tai vastaava
levytys pystyyn ja levyn pystysaumot teipataan tyvec teipillä
levyjen kiinnitys huopanaula k200 3,1*32mm |
| 50 mm | 4 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 150 mm | 5 | PUURUNKO 50*150 k600 + MINERAALIVILLA 150mm |
| 0,2 mm | 6 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyteenikalvo, SFS4225 luokka E)
saumat limitetty 200mm runkotolpan kohdalla ja teipattu polyeteeniteipillä |
| 50 mm | 7 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 13 mm | 8 | ERIKOISKOVAKIPSILEVY, esim. Gyproc GEK tai vastaava
levytys pystyyn ja levyn pystysaumoihin Gyproc T-tukilista pystyyn läpi
nurkissa kulmaprofiili Gyproc H tai VPB
levyjen kiinnitys ruuvaamalla k200 Gyproc QSTR 41mm |
| | 9 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

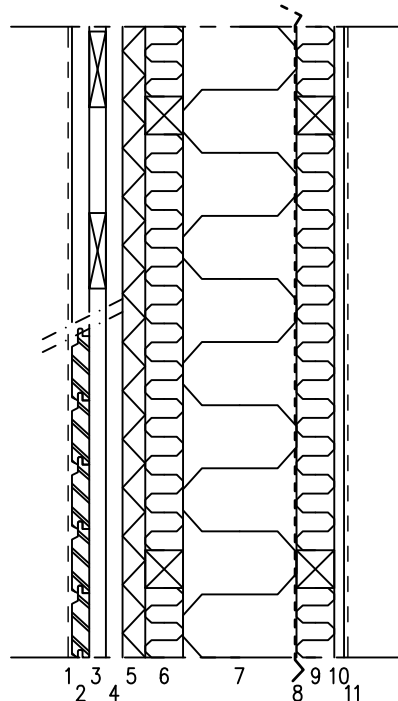
TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden
päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Muuraus sidotaan runkoon Ø4 rst-muuraussitein väh. 4 kpl/m²
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 W/mK$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} m^3/msPa$
- Huokoisen puukuitulevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,053 W/mK$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 10 \cdot 10^{-6} m^3/msPa$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,16 W/m^2K$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 W/m^2K$

Mk



- | | | |
|--------|----|--|
| | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| 23 mm | 2 | VAAKA-/PYSTYPUUVERHOUS |
| | | rakennusselostuksen mukaan |
| 22 mm | 3 | PYSTY-/VAAKAKOOLAUS 22*100 k600 |
| 22 mm | 4 | PYSTYKOOLAUS 22*100 k600 |
| 30 mm | 5 | TUULENSUOJAMINERAALIVILLAERISTELEVY 30mm, Tuulitiiviillä ja vesihöyryä |
| | | läpäisevällä pinnoitteella pinnoitettu, pinnan palovaatimus A2-s1,d0 |
| | | levytys pystyyn ja levyn pystysaumot teipataan järjestelmän teipillä |
| | | levyjen kiinnitys naulauslevyjen/-välikkeiden avulla k600 |
| 50 mm | 6 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 150 mm | 7 | PUURUNKO 50*150 k600 + MINERAALIVILLA 150mm |
| 0,2 mm | 8 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyeteenikalvo, SFS4225 luokka E) |
| | | saumat limitetty 200mm runkotolpan kohdalla ja teipattu polyeteeniteipillä |
| 50 mm | 9 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 13 mm | 10 | ERIKOISKOVAKIPSILEVY, esim. Gyproc GEK tai vastaava |
| | | levytys pystyyn ja levyn pystysaumoihin Gyproc T-tukilista pystyyn läpi |
| | | nurkissa kulmaprofiili Gyproc H tai VPB |
| | | levyjen kiinnitys ruuvaamalla k200 Gyproc QSTR 41mm |
| | 11 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| | | huoneselostuksen mukaan |

TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Tuulensuojamineraalivillalevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,034 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Rakennuskohde

Diplomityö

Ulkoseinä, puurunko 150mm

Mineraalivilla eristys, tuulensuojakeriste, tiiliverhous

Päiväys

10.09.2010

Tekijä

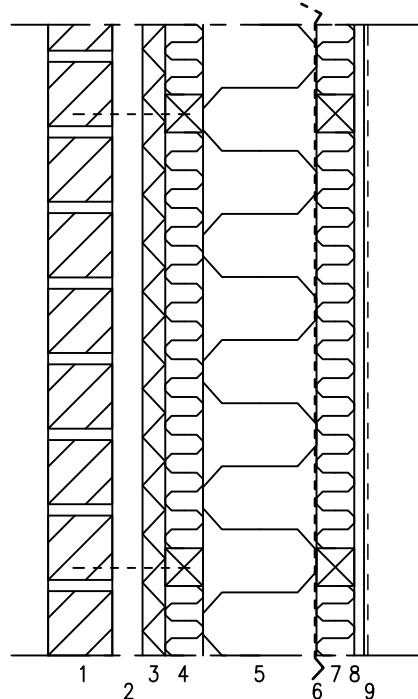
TRa

Työ nro

JU10690

US6

Mk



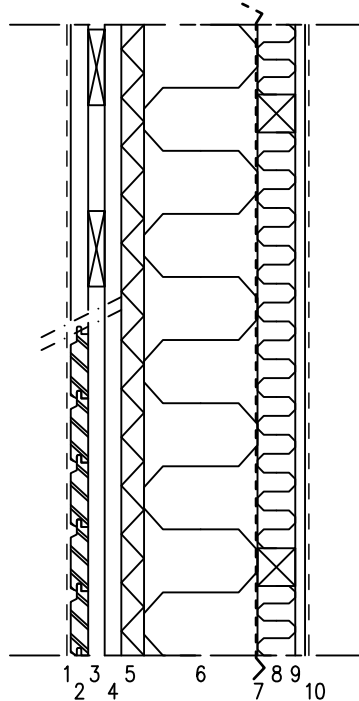
- | | | |
|--------|---|--|
| 85 mm | 1 | JULKISIVUTIILI
rakennusselostuksen mukaan
muurauslaasti M 100/600
raudoitus ja liikuntasaumot rakennesuunnitelmien
ja valmistajan ohjeiden mukaan |
| 40 mm | 2 | TUULETUSRAKO |
| 25 mm | 3 | TUULENSUOJAMINERAALIVILLAERISTELEVY 30mm, Tuulitiiviillä ja vesihöyryä
läpäisevällä pinnoitteella pinnoitettu, pinnan palovaatimus A2-s1,d0
levytys pystyyn ja levyn pystysaumot teipataan järjestelmän teipillä
levyjen kiinnitys naulauslevyjien/-välikkeiden avulla k600 |
| 50 mm | 4 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 150 mm | 5 | PUURUNKO 50*150 k600 + MINERAALIVILLA 150mm |
| 0,2 mm | 6 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyeteenikalvo, SFS4225 luokka E)
saumat limitetty 200mm runkotolpan kohdalla ja teipattu polyeteeniteipillä |
| 50 mm | 7 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 13 mm | 8 | ERIKOISKOVAKIPSILEVY, esim. Gyproc GEK tai vastaava
levytys pystyyn ja levyn pystysaumoihin Gyproc T-tukilista pystyyn läpi
nurkissa kulmaprofiili Gyproc H tai VPB
levyjen kiinnitys ruuvaamalla k200 Gyproc QSTR 41mm |
| | 9 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden
päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Muuraus sidotaan runkoon Ø4 rst-muuraussitein väh. 4 kpl/m²
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 W/mK$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} m^3/msPa$
- Tuulensuojamineraalivillalevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,034 W/mK$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 30 \cdot 10^{-6} m^3/msPa$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,14 W/m^2K$ C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 W/m^2K$

Mk



- | | | |
|--------|----|---|
| | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| | | rakennusselostuksen mukaan |
| 23 mm | 2 | VAAKA-/PYSTYPUUVERHOUS |
| | | rakennusselostuksen mukaan |
| 22 mm | 3 | PYSTY-/VAAKAKOOLAUS 22*100 k600 |
| 22 mm | 4 | PYSTYKOOLAUS 22*100 k600 |
| 30 mm | 5 | TUULENSUOJAMINERAALIVILLAERISTELEVY 30mm, Tuulitiiviillä ja vesihöyryä läpäisevällä Tyvek pinnoitteella pinnoitettu |
| | | levytys pystyyn ja levyn pystysaumot teipataan järjestelmän teipillä |
| | | levyjen kiinnitys naulauslevyjen/-välkkeiden avulla k600 |
| 150 mm | 6 | PUURUNKO 50*150 k600 + MINERAALIVILLA 150mm |
| 0,2 mm | 7 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyteenikalvo, SFS4225 luokka E) |
| | | saumat limitetty 200mm runkotolpan kohdalla ja teipattu polyteeniteipillä |
| 50 mm | 8 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 13 mm | 9 | ERIKOISKOVAKIPSILEVY, esim. Gyproc GEK tai vastaava |
| | | levytys pystyyn ja levyn pystysaumoihin Gyproc T-tukilista pystyyn läpi nurkissa kulmaprofiili Gyproc H tai VPB |
| | | levyjen kiinnitys ruuvaamalla k200 Gyproc QSTR 41mm |
| | 10 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| | | huoneselostuksen mukaan |

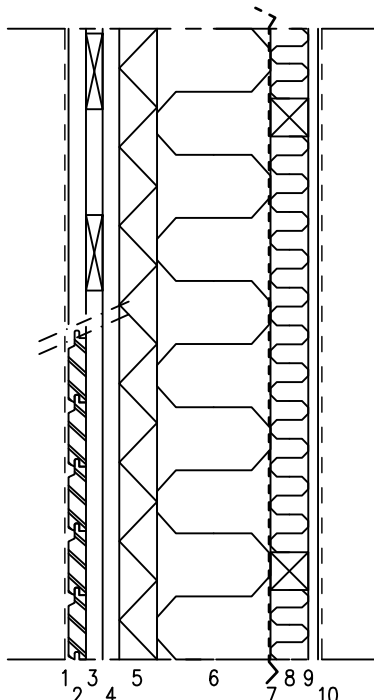
TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 W/mK$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} m^3/msPa$
- Tuulensuojamineraalivillalevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,034 W/mK$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 30 \cdot 10^{-6} m^3/msPa$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,17 W/m^2K$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 W/m^2K$

Mk



- | | | |
|--------|----|---|
| 23 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
rakennusselostuksen mukaan |
| | 2 | VAAKA-/PYSTYPUUVERHOUS
rakennusselostuksen mukaan |
| 22 mm | 3 | PYSTY-/VAAKAKOOLAUS 22*100 k600 |
| 22 mm | 4 | PYSTYKOOLAUS 22*100 k600 |
| 50 mm | 5 | TUULENSUOJAMINERAALIVILLAERISTELEVY 50mm, Tuulitiiviillä ja vesihöyryä
läpäisevällä Tyvek pinnoitteella pinnoitettu
levytys pystyyn ja levyn pystysaumot teipataan järjestelmän teipillä
levyjen kiinnitys naulauslevyjen/-välikkeiden avulla k600 |
| 150 mm | 6 | PUURUNKO 50*150 k600 + MINERAALIVILLA 150mm |
| 0,2 mm | 7 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyeteenikalvo, SFS4225 luokka E)
saumat limitetty 200mm runkotolpan kohdalla ja teipattu polyeteeniteipillä |
| 50 mm | 8 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 13 mm | 9 | ERIKOISKOVAKIPSILEVY, esim. Gyproc GEK tai vastaava
levytys pystyyn ja levyn pystysaumoihin Gyproc T-tukilista pystyyn läpi
nurkissa kulmaprofiili Gyproc H tai VPB
levyjen kiinnitys ruuvaamalla k200 Gyproc QSTR 41mm |
| | 10 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

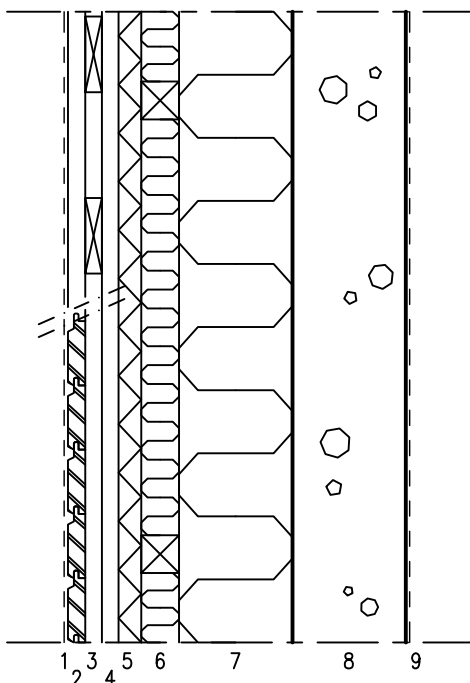
TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden
päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Tuulensuojamineraalivillalevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,034 \text{ W/mK}$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| 23 mm | 2 | VAAKA-/PYSTYPUUVERHOUS |
| | | rakennusselostuksen mukaan |
| 22 mm | 3 | PYSTY-/VAAKAKOOLAUS 22*100 k600 |
| 22 mm | 4 | PYSTYKOOLAUS 22*100 k600 |
| 30 mm | 5 | TUULENSUOJAMINERAALIVILLAERISTELEVY 30mm, Tuulitiiviillä ja vesihöyryä |
| | | läpäisevällä pinnoitteella pinnoitettu, pinnan palovaatimus A2-s1,d0 |
| | | levytys pystyyn ja levyn pystysaumot teipataan järjestelmän teipillä |
| | | levyjen kiinnitys naulauslevyjen/-välikkeiden avulla k600 |
| 50 mm | 6 | VAAKAKOOLAUS 50*50 k600 + MINERAALIVILLA 50mm |
| 150 mm | 7 | PUURUNKO 50*150 k600 + MINERAALIVILLA 150mm |
| | | kiinnitys kulmalevyillä BMF-90 k600 |
| 150 mm | 8 | TERÄSBETONISEINÄ |
| | | rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 9 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| | | huoneselostuksen mukaan |

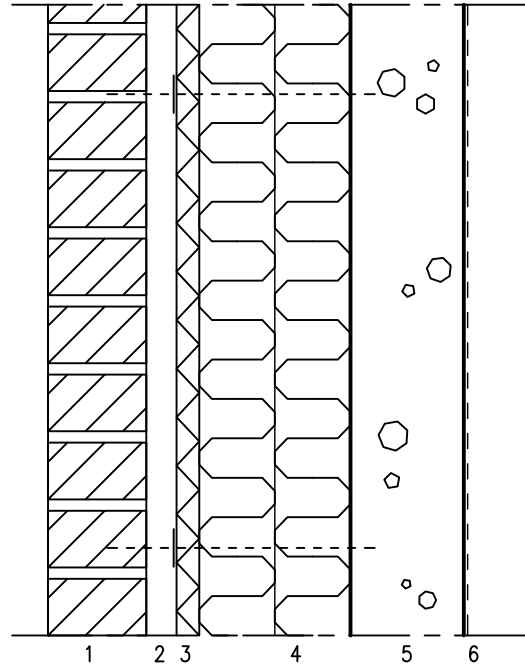
TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Tuulensuojamineraalivillalevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,034 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|--------|---|--|
| 130 mm | 1 | JULKISIVUTIILI
rakennusselostuksen mukaan
muurauslaasti M 100/600
raudoitus ja liikuntasamat rakennesuunnitelmien
ja valmistajan ohjeiden mukaan |
| 40 mm | 2 | TUULETUSRAJO |
| 30 mm | 3 | TUULENSUOJAMINERAALIVILLAERISTELEVY 30mm, Tuulitiivillä ja vesihöyryä
läpäisevällä pinnoitteella pinnoitettu, pinnan palovaatimus A2-s1,d0
levytys pystyyn ja levyn pystysamat teipataan järjestelmän teipillä
levyjen kiinnitys muuraussiteisiin välikkeillä |
| 200 mm | 4 | MINERAALIVILLA 100+100mm
levyjen saumat limitetty |
| 150 mm | 5 | TERÄSBETONISEINÄ
rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 6 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

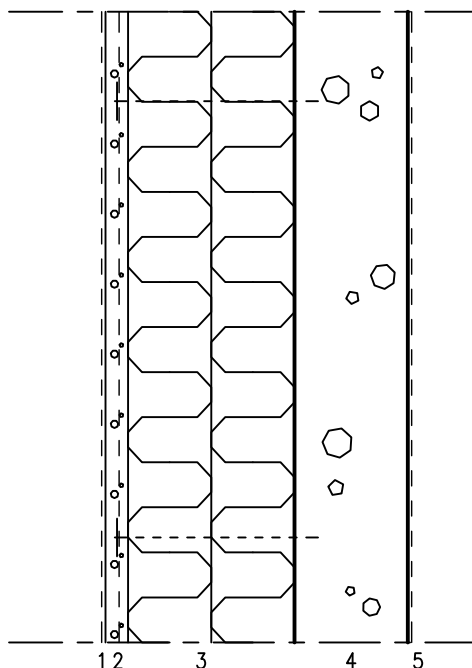
TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusrajo tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden
päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Muuraus sidotaan runkoon Ø4 rst-muuraussitein väh. 4 kpl/m²
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Tuulensuojamineraalivillalevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,034 \text{ W/mK}$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

 Joensuun Juva Oy Penttiläkatu 1F 80220 JOENSUU Puh (013)137980 Fax (013)137987	Rakennuskohde		Ulkoseinä, betonirunko Mineraalivilla eristys, kolmikerrosrappaus		Liite 24.
	Diplomityö				
	—				
	Päiväys 10.09.2010		Tekijä TRa	Työ nro JU10690	

Mk



- | | |
|--------|--|
| 1 | PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY
rakennusselostuksen mukaan |
| ~30 mm | 2 KOLMIKEROSRAPPAUS, esim. SerpoRoc.
verkotus ja kiinnitys järjestelmän mukaan |
| 220 mm | 3 MINERAALIVILLAERISTELEVY 110+110mm, Kolmikerrosrappausalustaksi soveltuva
eristelaatu, levyjen kiinnitys välikkeiden avulla, levyjen saumat limitetty |
| 150 mm | 4 TERÄSBETONISEINÄ
rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 5 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Eristeet sidotaan runkoon Ø4 rst-kiinnikkein väh. 4 kpl/m²
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,036 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
 C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$



Rakennuskohde

Diplomityö

Ulkoseinä, betonirunko
Mineraalivilla eristys, ohutrappaus

Päiväys

10.09.2010

Tekijä

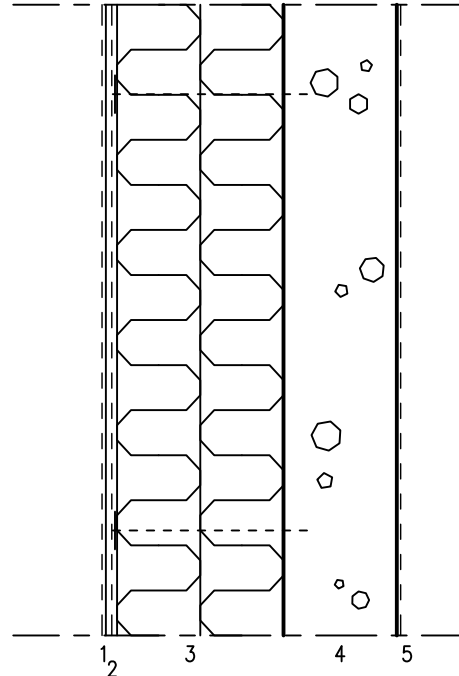
TRa

Työ nro

JU10690

US12

Mk



- | | | |
|--------|---|---|
| ~15 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
rakennusselostuksen mukaan |
| 240 mm | 2 | OHUTRAPPAUS, esim. SerpoMin.
verkotus ja kiinnitys järjestelmän mukaan |
| 150 mm | 3 | MINERAALIVILLAERISTELEVY 120+120mm, Ohutrappausalustaksi soveltuva
eristelaatu, levyjen kiinnitys kiinnikkeiden avulla, levyjen saumat limitetty |
| | 4 | TERÄSBETONISEINÄ
rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 5 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

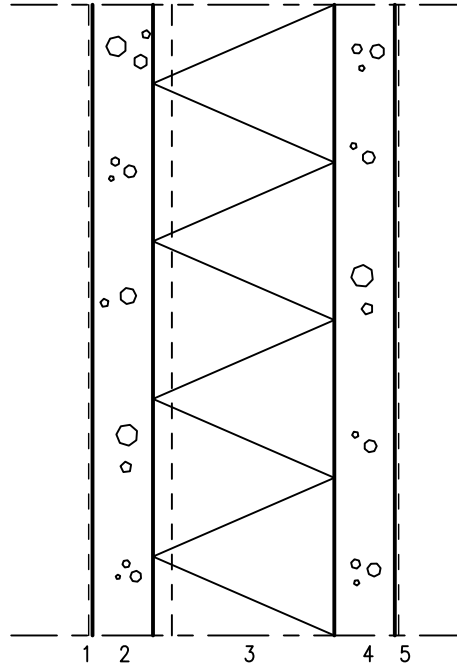
TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Eristeet sidotaan runkoon Ø4 rst-kiinnikkein väh. 4 kpl/m²
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,039 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



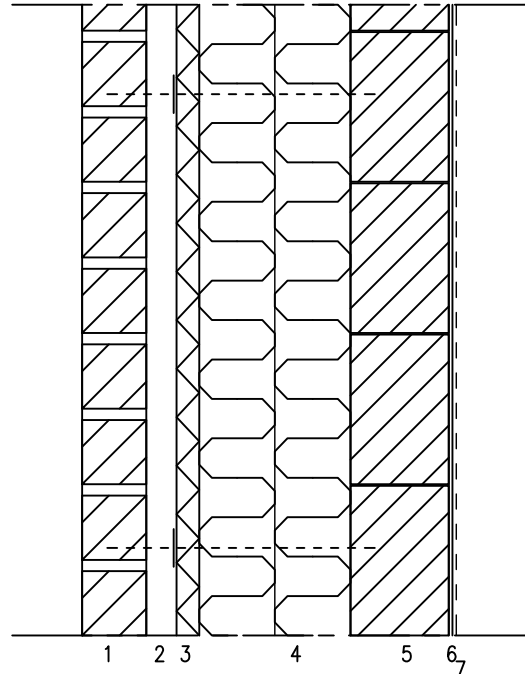
- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
rakennusselostuksen mukaan |
| 80 mm | 2 | TERÄSBETONI
rakennesuunnitelmien mukaan |
| 240 mm | 3 | MINERAALIVILLAERISTELEVY 240mm, Elementtieristeeksi soveltuva
eristelaatu, uritettu ja urasuojattu, uritus levyn ylä- ja alareunassa myös vaakaan
ansaat ja tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan |
| 80 mm | 4 | TERÄSBETONI
rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 5 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletusputkilla vaakasaumoista k1000
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Kuoret sidotaan toisiinsa rst-ansain
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,035 \text{ W/mK}$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



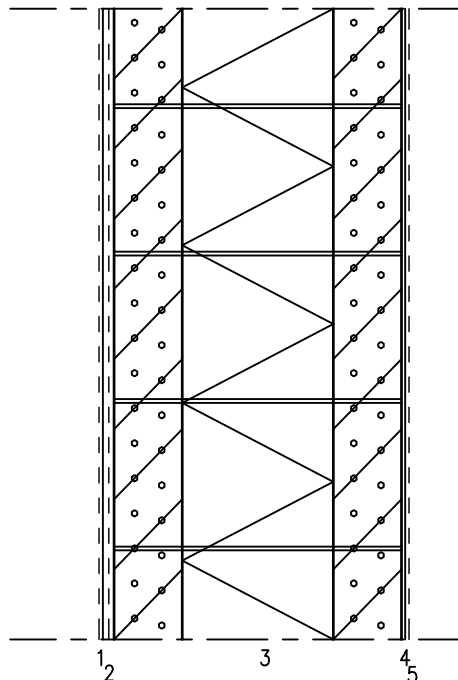
- | | | |
|--------|---|--|
| 85 mm | 1 | JULKISIVUTIILI
rakennusselostuksen mukaan
muurauslaasti M 100/600
raudoitus ja liikuntasaumot rakennesuunnitelmien
ja valmistajan ohjeiden mukaan |
| 40 mm | 2 | TUULETUSRAKO |
| 30 mm | 3 | TUULENSUOJAMINERAALIVILLAERISTELEVY 30mm, Tuulitiiviillä ja vesihöyryä
läpäisevällä pinnoitteella pinnoitettu, pinnan palovaatimus A2-s1,d0
levytys pystyyn ja levyn pystysaumot teipataan järjestelmän teipillä
levyjen kiinnitys muuraussiteisiin väliskeillä |
| 200 mm | 4 | MINERAALIVILLA 100+100mm
levyjen saumat limitetty |
| 130 mm | 5 | TIILISEINÄ, Kahi runkoponttiharkko, ohutsaumamuuraus
rakennesuunnitelmien mukaan |
| 5 mm | 6 | TASOITE |
| | 7 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletusraon tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan, ovien ja ikkunoiden
päältä rakennesuunnitelmien mukaan
- Muuraus sidotaan runkoon Ø4 rst-muuraussitein väh. 4 kpl/m²
- Ulkotiloissa kiinnikkeet kuumasinkittyjä tai ruostumattomia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Tuulensuojamineraalivillalevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,034 \text{ W/mK}$ ja
ilmanläpäisevyys $L \leq 30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



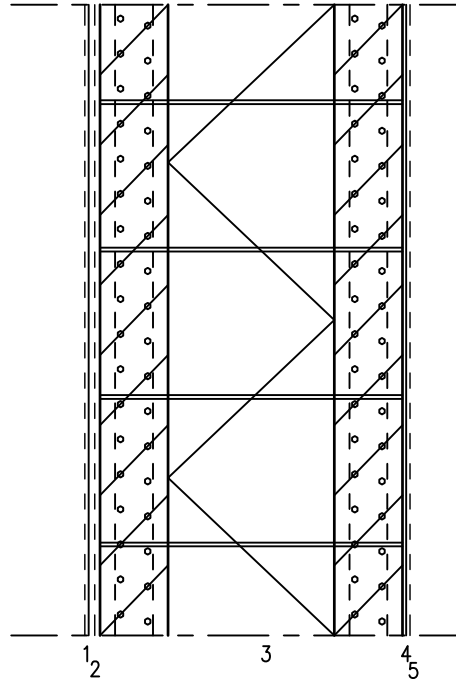
- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| | | rakennusselostuksen mukaan |
| ~15 mm | 2 | OHUTRAPPAUS, esim. SerpoMin. |
| | | verkotus ja kiinnitys järjestelmän mukaan |
| 380 mm | 3 | KEVYTSORAERISTEHARKKO, esim. Leca Desing tai vastaava |
| | | muuraus leca laasti, eristeen saumoissa polyuretaani tiivistys |
| | | raudoitus rakennesuunnitelmien mukaan |
| 5 mm | 4 | TASOITE |
| | 5 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| | | huoneselostuksen mukaan |

TOTEUTUSOHJEET:

- Ikkunoiden ja ovien liitokset rakennesuunnitelmien mukaan
- Kuoret sidotaan toisiinsa $\varnothing 4$ rst-sitein rakennesuunnitelmien mukaan

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$
 C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | |
|--------|--|
| 1 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| | rakennusselostuksen mukaan |
| ~15 mm | 2 OHUTRAPPAUS, esim. SerpoMin. |
| | verkotus ja kiinnitys järjestelmän mukaan |
| 400 mm | 3 VALUERISTEHARKKO, esim. Lakkan betoni EHM-400 tai vastaava |
| | ladonta järjestelmän mukaan, eristeen saumoissa polyuretaani tiivistys |
| | onteloiden jälkivalu betonilla, rauditus rakennesuunnitelmien mukaan |
| 5 mm | 4 TASOITE |
| | 5 PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY |
| | huoneselostuksen mukaan |

TOTEUTUSOHJEET:

- Ikkunoiden ja ovien liitokset rakennesuunnitelmien mukaan
- Kuoret sidotaan toisiinsa $\varnothing 4$ rst-sitein rakennesuunnitelmien mukaan

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$
C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Rakennuskohde

Diplomityö

Ulkoseinä

Pelti-sandwich-elementti

—

Päiväys

10.09.2010

Tekijä

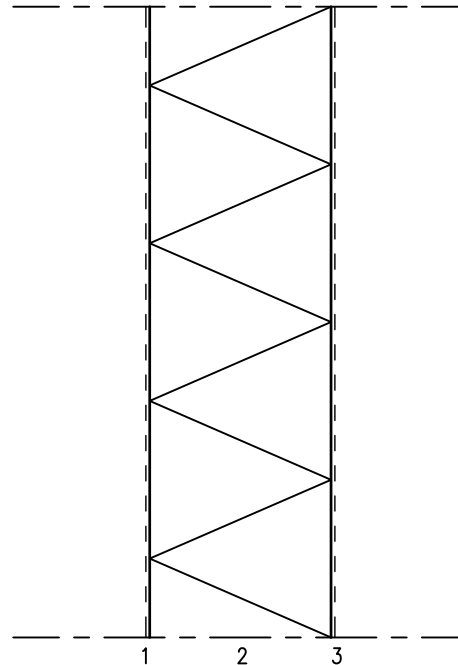
TRa

Työ nro

JU10690

US17

Mk



240 mm

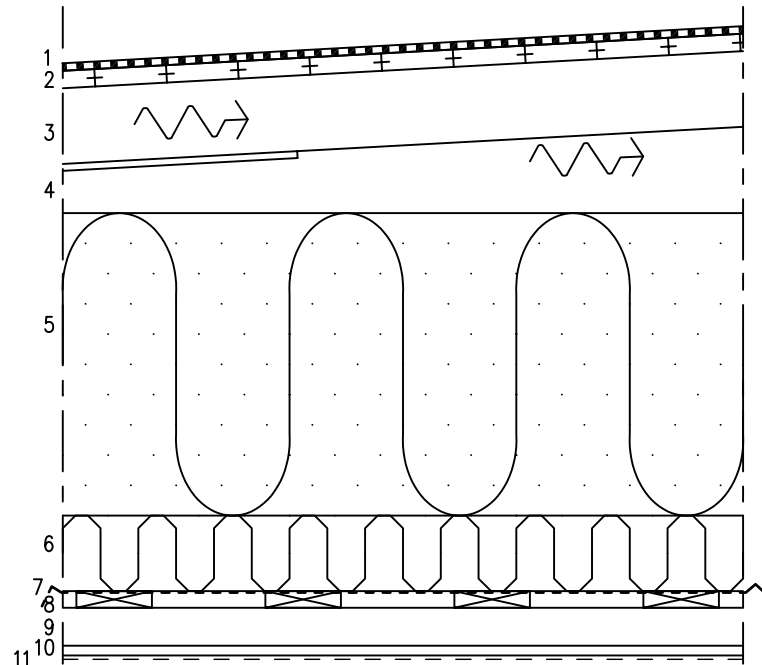
- 1 PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
rakennusselostuksen mukaan
- 2 OHUTLEVYPINTAINEN KEVYTELEMENTTI, mineraalivilla eristyksellä
rakennusselostuksen mukaan
esim. Paroc 240, AST S tai vastaava
ulkopelti 0,6mm, sisäpelti 0,5mm
elementtien kannastus rakennesuunnitelmien mukaan
- 3 PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan

TOTEUTUSOHJEET:

- Ikkunoiden ja ovien liitokset järjestelmän ja rakennesuunnitelmien mukaan
- Elementtien kiinnitys rakennesuunnitelmien mukaan

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$ C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



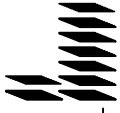
- | | |
|--------|---|
| 23 mm | 1 VESIERISTYS, luokka VE40
rakennetyypin VE1 mukaan |
| | 2 RAAKAPONTTILAUDOITUS 23*95 |
| | 3 KATTOKANNATTAJAT
rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 4 TUULETETTU ULLAKKOTILA |
| | 5 PUHALLETTU LÄMMÖNERISTYS
rakennetyypin LE1 mukaan |
| 100 mm | 6 MINERAALIVILLA 100mm / KATTOKANNATTAJAN ALAPAAARRE |
| 0,2 mm | 7 HÖYRYNSULKUMUOVI (polyeteenikalvo, SFS4225 luokka E)
saumat limitetty 200mm ja teipattu polyeteeniteipillä |
| 22 mm | 8 HARVALAUDOITUS 22*100 k250 |
| 50 mm | 9 KOOLAUS 50*50 k400 |
| 13 mm | 10 KIPSILEVY, esim. Gyproc GN13 |
| | 11 PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Reuna-alueilla käytettävä tuulen ohjaimia
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Läpivienneissä käytetään läpivientilaippaa höyrynsulun ja vesieristeen lävistyksissä
- Ullakolla kulkusillat kaikille huoltokohteille

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

 <p>Joensuun Juva Oy Penttiläkatu 1F 80220 JOENSUU Puh (013)137980 Fax (013)137987</p>	Rakennuskohde		Lämmöneristys Yläpohjan vaihtoehtoiset puhalluseristeet		Liite 31.
	Diplomityö				
	—				
	Päiväys 10.09.2010		Tekijä TRa	Työ nro JU10690	LE1


Mk

YLÄPOHJAN VAIHTOEHTOISET PUHALLUSERISTEET
100mm:N MINERAALIVILLA KERROKSEN LISÄKSI

420 mm	<p>KIVIVILLAPUHALLUSERISTE</p> <p>koneellisesti puhallettava eriste paksuus 440mm nim. kuivatiheys $\geq 35 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{design}} \leq 0,040 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$</p>
460 mm	<p>KIVIVILLAPUHALLUSERISTE</p> <p>koneellisesti puhallettava eriste paksuus 485mm nim. kuivatiheys $\geq 35 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{design}} \leq 0,044 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$</p>
350 mm	<p>LASIVILLAPUHALLUSERISTE</p> <p>koneellisesti puhallettava eriste paksuus 370mm nim. kuivatiheys $\geq 28 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{design}} \leq 0,039 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 225 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$</p>
430 mm	<p>LASIVILLAPUHALLUSERISTE</p> <p>koneellisesti puhallettava eriste paksuus 450mm nim. kuivatiheys $\geq 22 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{design}} \leq 0,041 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 460 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$</p>
340 mm	<p>PUUKUITUPUHALLUSERISTE</p> <p>koneellisesti puhallettava eriste paksuus 410mm nim. kuivatiheys $\geq 30 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{design}} \leq 0,038 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 130 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$</p>

TOTEUTUSOHJEET:

- Puhalluseristeet valmistetaan ja asennetaan tyyppihyväksynnän edellyttämällä tavalla
- Reuna-alueilla käytetään tuulenohjaimia

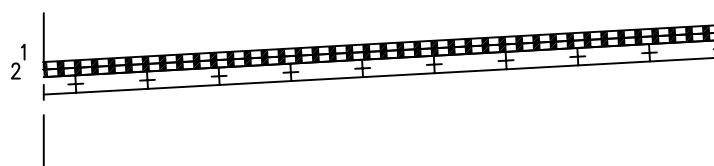
 Joensuun Juva Oy Penttiläkatu 1F 80220 JOENSUU Puh (013)137980 Fax (013)137987	Rakennuskohde		Vedeneristys Puualusta, luokka VE40		Liite 31.	
	Diplomityö					
	—					
						VE1
	Päiväys 10.09.2010	Tekijä TRa	Työ nro JU10690			

Mk

VESIERISTYS PUUALUSTALLE

Luokka VE40: kalt. $\geq 1:40$

Kumibitumikermi

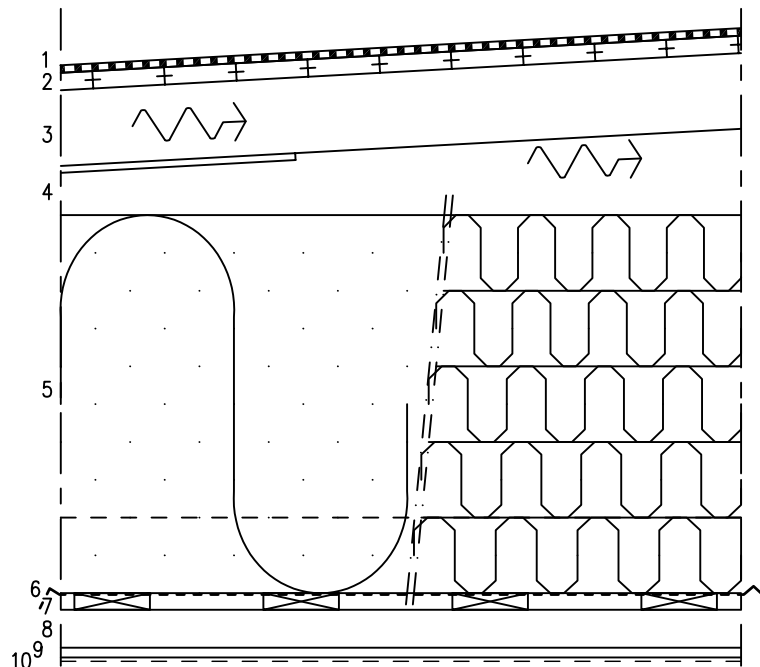


- 1 K-PS 170/4000, KUMIBITUMIPINTAKERMI
kuumabitumiliimaus B-95/35 kauttaaltaan n. 1,5 kg/m²
- 2 K-EL 50/2200, KUMIBITUMIERISTYSKERMI
kuumabitumiliimaus B-95/35 piste- (20%) ja saumaliimaus,
sekä mekaaninen kiinnitys piilosaumasta

TOTEUTUSOHJEET:

- Kermit limitetään sivusaumoilta vähintään 100mm ja päätysaumoilta 150mm siten, että päällekkäisten kerrosten kermit ovat samansuuntaiset eivätkä saumat ole päällekkäin
- Eristystyö suoritetaan ohjeen RIL 107–2000 ja valmistajan ohjeiden mukaan
- Suojakiveys (>35 kg/m²) tarvittaessa paloluokan mukaan

Mk



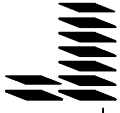
- | | | |
|--------|----|---|
| 23 mm | 1 | VESIERISTYS, luokka VE40
rakennetyypin VE1 mukaan |
| | 2 | RAAKAPONTTILAUDOITUS 23*95 |
| | 3 | KATTOKANNATTAJAT
rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 4 | TUULETETTU ULLAKKOTILA |
| | 5 | LÄMMÖNERISTYS
rakennetyypin LE2 mukaan |
| 0,2 mm | 6 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyeteenikalvo, SFS4225 luokka E)
saumat limitetty 200mm ja teipattu polyeteeniteipillä |
| 22 mm | 7 | HARVALAUDOITUS 22*100 k250 |
| 50 mm | 8 | KOOLAUS 50*50 k400 |
| 13 mm | 9 | KIPSILEVY, esim. Gyproc GN13 |
| | 10 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Reuna-alueilla käytettävä tuulen ohjaimia
- Läpivienneissä käytetään läpivientilaippaa höyrynsulun ja vesieristeen lävistyksissä
- Ullakolla kulkusillat kaikille huoltokohteille
- Levyeristeiden saumat limittäin

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.09 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

 <p>Joensuun Juva Oy Penttiläkatu 1F 80220 JOENSUU Puh (013)137980 Fax (013)137987</p>	Rakennuskohde		Lämmöneristys Yläpohjan vaihtoehtoiset eristeet		Liite 32.
	Diplomityö				
	—				
	Päiväys 10.09.2010		Tekijä TRa	Työ nro JU10690	

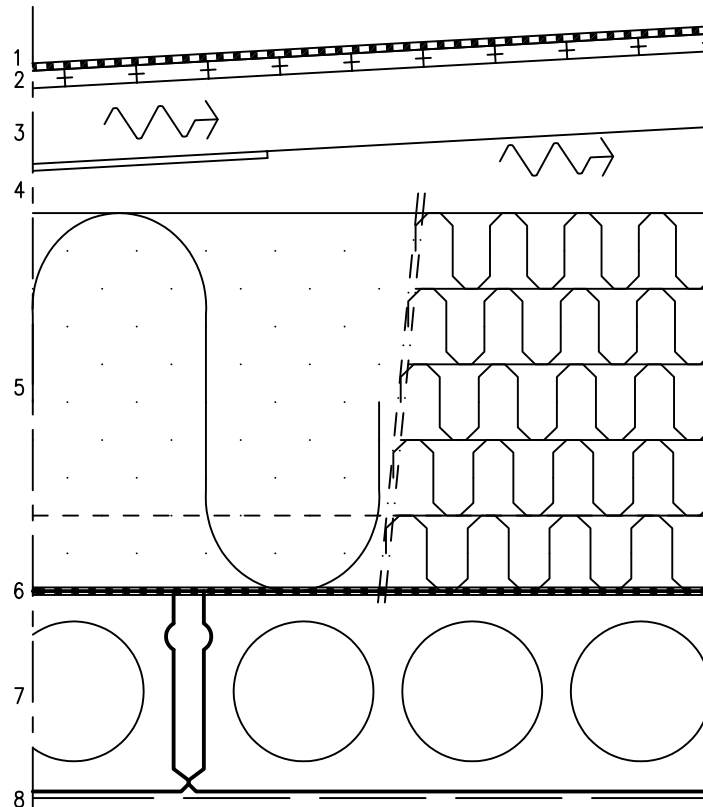
Mk

	YLÄPOHJAN VAIHTOEHTOISET PUHALLUS- JA LEVYVILLAERISTEET
530 mm	KIVIVILLAPUHALLUSERISTE koneellisesti puhallettava eriste paksuus 560mm nim. kuivatiheys $\geq 35 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{design}} \leq 0,040 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
580 mm	KIVIVILLAPUHALLUSERISTE koneellisesti puhallettava eriste paksuus 610mm nim. kuivatiheys $\geq 35 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{design}} \leq 0,044 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
460 mm	LASIVILLAPUHALLUSERISTE koneellisesti puhallettava eriste paksuus 485mm nim. kuivatiheys $\geq 28 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{design}} \leq 0,039 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 225 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
540 mm	LASIVILLAPUHALLUSERISTE koneellisesti puhallettava eriste paksuus 570mm nim. kuivatiheys $\geq 22 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{design}} \leq 0,041 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 460 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
440 mm	PUUKUITUPUHALLUSERISTE koneellisesti puhallettava eriste paksuus 530mm nim. kuivatiheys $\geq 30 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{design}} \leq 0,038 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 130 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
450 mm	MINERAALIVILLALEVYERISTE levypaksuudet 100+125+125+100mm eristeen ominaisuudet $\lambda_{\text{design}} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$ levysaumat limitetty

TOTEUTUSOHJEET:

- Puhalluseristeet valmistetaan ja asennetaan tyyppihyväksynnän edellyttämällä tavalla
- Reuna-alueilla käytetään tuulenohjaimia

Mk



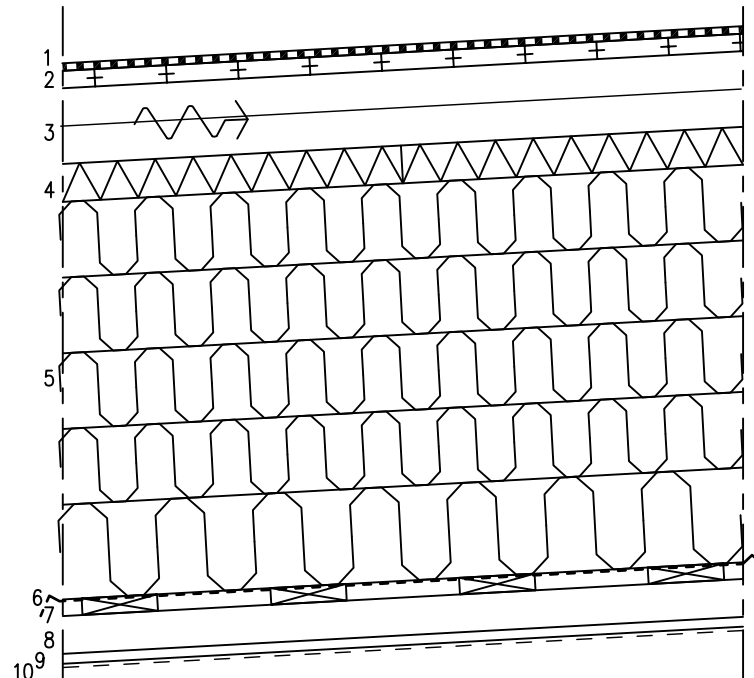
- | | |
|--------|---|
| 23 mm | 1 VESIERISTYS, luokka VE40
rakennetyypin VE1 mukaan
2 RAAKAPONTTILAUDOITUS 23*95
3 KATTOKANNATTAJAT
rakennesuunnitelmien mukaan
4 TUULETETTU ULLAKKOTILA
5 LÄMMÖNERISTYS
rakennetyypin LE2 mukaan
6 HÖYRYNSULKU
Kumibitumikermi, luokka TL2, K-MS 170/3000
7 ONTELOLAATTA
8 PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |
| 265 mm | |

TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Reuna-alueilla käytettävä tuulen ohjaimia
- Läpivienneissä käytetään läpivientilaippaa höyrynsulun ja vesieristeen lävistyksissä
- Ullakolla kulkusillat kaikille huoltokohteille
- Levyeristeiden saumat limittäin

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.09 \text{ W/m}^2\text{K}$
 C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|--------|----|---|
| 23 mm | 1 | VESIERISTYS, luokka VE40
rakennetyypin VE1 mukaan |
| | 2 | RAAKAPONTTILAUDOITUS 23*95 |
| | 3 | KATTOKANNATTAJAT/TUULETUSTILA 100mm
rakennesuunnitelmien mukaan |
| 50 mm | 4 | TUULENSUOJAMINERAALIVILLA
kiinnitys kattokannattajan kylkiin rimoilla 50*25 |
| 525 mm | 5 | MINERAALIVILLA 4*100+125mm
levysaumat limitetty |
| 0,2 mm | 6 | HÖYRYNSULKUMUOVI (polyeteenikalvo, SFS4225 luokka E)
saumat limitetty 200mm ja teipattu polyeteeniteipillä |
| 22 mm | 7 | HARVALAUDOITUS 22*100 k250 |
| 50 mm | 8 | KOOLAUS 50*50 k400 |
| 13 mm | 9 | KIPSILEVY, esim. Gyproc GN13 |
| | 10 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

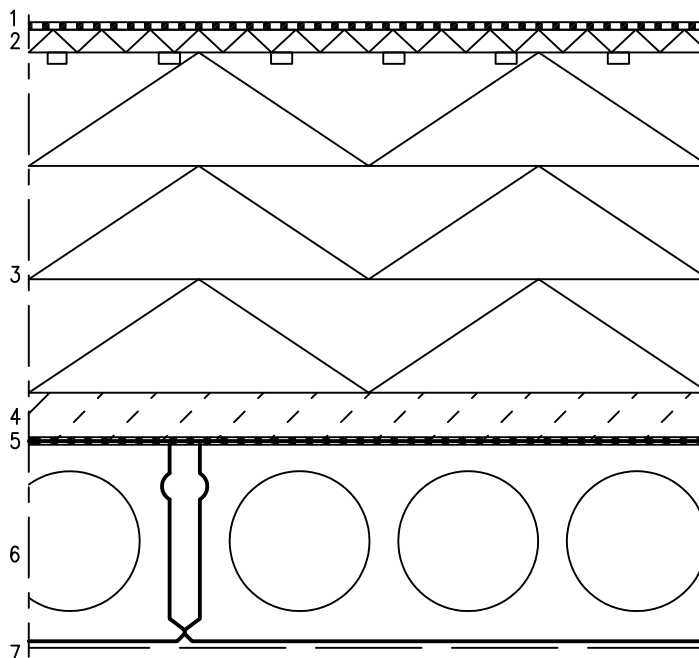
TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Läpivienneissä käytetään läpivientilaippaa höyrynsulun ja vesieristeen lävistyksissä
- Ullakolla kulkusillat kaikille huoltokohteille
- Levyeristeiden saumat limittäin
- Mineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,037 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 120 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Tuulensuojamineraalivillalevyn tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,034 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 30 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | VESIERISTYS, luokka VE80
rakennetyypin VE2 mukaan |
| 30 mm | 2 | MINERAALIVILLA, loivien kattojen kova pintavilla
puristuskestävyys ≥ 30 kPa |
| 450 mm | 3 | MINERAALIVILLA 3*150mm, loivien kattojen pohjavilla
ylin eriste uritettu, puristuskestävyys ≥ 30 kPa |
| | 4 | KALLISTUKSET $\geq 1:80$, esim. siporex rouheella tai mineraalivillalla |
| | 5 | HÖYRYNSULKU
Kumibitumikermi, luokka TL2, K-MS 170/3000
Kuumabitumiliimaus B-95/35 piste- (20%) ja saumaliimaus |
| 265 mm | 6 | ONTELOLAATTA
rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 7 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Alin vedeneristyskermi ja eristeet kiinnitetään alustaan ruostumattomin $\varnothing 4$ kiinnikkein 2m reuna-alueilla 4 kpl/m², keskialueilla 2 kpl/m²
- Läpivienneissä käytetään läpivientilaippaa höyrynsulun ja vesieristeen lävistyksissä
- Eristeiden saumat limittäin
- Pintamineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,039 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Pohjamineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,039 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$



Rakennuskohde

Diplomityö

Vedeneristys

Villa-alusta, luokka VE80

—

Päiväys

10.09.2010

Tekijä

TRa

Työ nro

JU10690

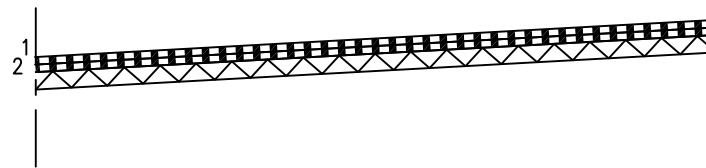
VE2

Mk

VESIERISTYS VILLA-ALUSTALLE

Luokka VE80: kalt. $\geq 1:80$

Kumibitumikermi

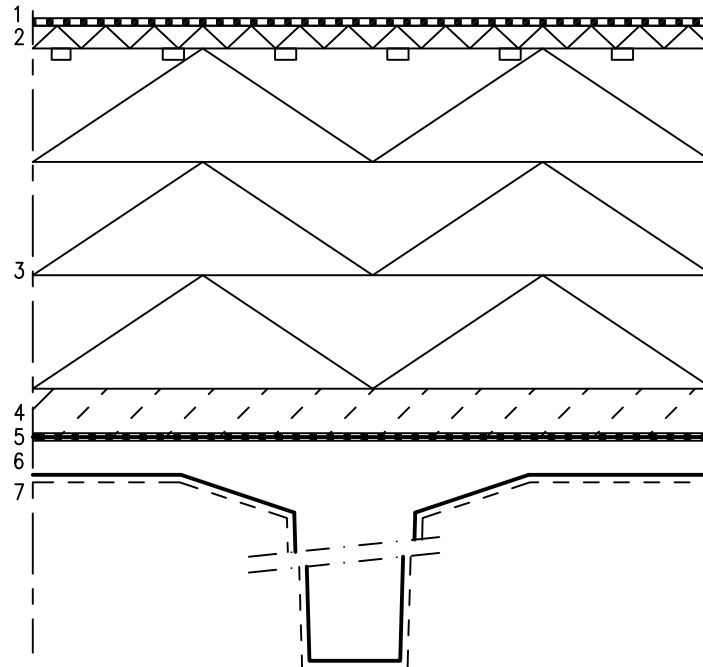


- 1 K-PS 170/4000 hits., KUMIBITUMIPINTAKERMI
kiinnitetään hitsaamalla kauttaaltaan
- 2 K-MS 170/3000, KUMIBITUMIERISTYSKERMI
kuumabitumiliimaus B-95/35 kauttaaltaan,
sekä mekaaninen kiinnitys piilosaumasta

TOTEUTUSOHJEET:

- Kermit limitetään sivusaumoilta vähintään 100mm ja päätysaumoilta 150mm siten, että päällekkäisten kerrosten kermit ovat samansuuntaiset eivätkä saumat ole päällekkäin
- Eristystyö suoritetaan ohjeen RIL 107-2000 ja valmistajan ohjeiden mukaan
- Mekaanisia kiinnikkeitä 4 kpl/m²
- Suojakiveys (>35 kg/m²) tarvittaessa paloluokan mukaan

Mk



- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | VESIERISTYS, luokka VE80
rakennetyypin VE2 mukaan |
| 30 mm | 2 | MINERAALIVILLA, loivien kattojen kova pintavilla
puristuskestävyys ≥ 30 kPa |
| 450 mm | 3 | MINERAALIVILLA 3*150mm, loivien kattojen pohjavilla
ylin eriste uritettu, puristuskestävyys ≥ 30 kPa |
| | 4 | KALLISTUKSET $\geq 1:80$, esim. siporex rouheella tai mineraalivillalla |
| | 5 | HÖYRYNSULKU
Kumibitumikermi, luokka TL2, K-MS 170/3000
Kuumabitumiliimaus B-95/35 piste- (20%) ja saumaliimaus |
| 800 mm | 6 | TT-LAATTA
rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 7 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

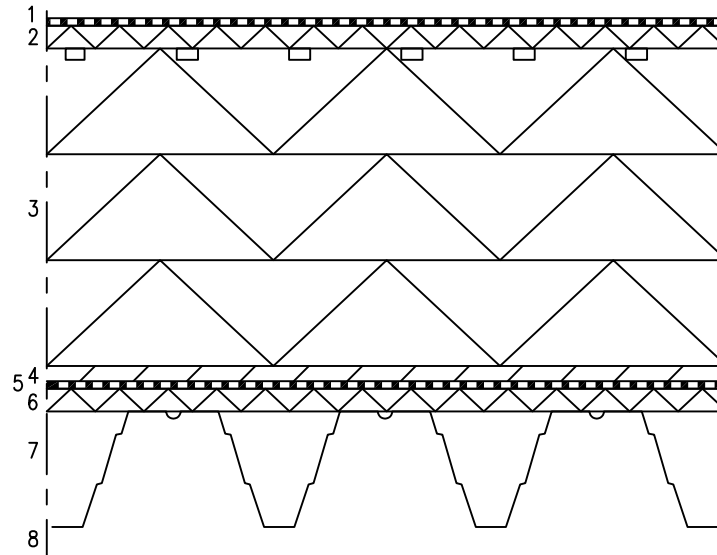
TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Alin vedeneristyskermi ja eristeet kiinnitetään alustaan ruostumattomin $\varnothing 4$ kiinnikkein 2m reuna-alueilla 4 kpl/m², keskialueilla 2 kpl/m²
- Läpivienneissä käytetään läpivientilaippaa höyrynsulun ja vesieristeen lävistyksissä
- Eristeiden saumat limittäin
- Pintamineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,039 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Pohjamineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,039 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- TT-laatan saumoissa kuumasinkityt peltikaistat 0,7mm lev.200mm

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mk



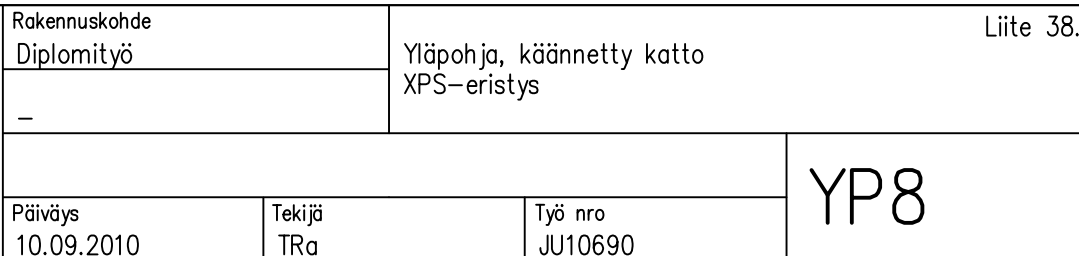
- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | VESIERISTYS, luokka VE80
rakennetyypin VE2 mukaan |
| 30 mm | 2 | MINERAALIVILLA, loivien kattojen kova pintavilla
puristuskestävyys ≥ 30 kPa |
| 420 mm | 3 | MINERAALIVILLA 3*140mm, loivien kattojen pohjavilla
ylin eriste uritettu, puristuskestävyys ≥ 30 kPa |
| | 4 | KALLISTUKSET $\geq 1:80$, esim. siporex rouheella tai mineraalivillalla |
| | 5 | HÖYRYNSULKU
Kumibitumikermi, luokka TL2, K-MS 170/3000
Kuumabitumiliimaus B-95/35 piste- (20%) ja saumaliimaus |
| 30 mm | 6 | MINERAALIVILLA, loivien kattojen kova pintavilla
puristuskestävyys ≥ 30 kPa |
| 153 mm | 7 | KANTAVA PROFIILIPELTI
rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 8 | PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
huoneselostuksen mukaan |

TOTEUTUSOHJEET:

- Tuuletus rakennesuunnitelmien mukaan
- Alin vedeneristyskermi ja eristeet kiinnitetään alustaan ruostumattomin $\varnothing 4$ kiinnikkein 2m reuna-alueilla 4 kpl/m², keskialueilla 2 kpl/m²
- Läpivienneissä käytetään läpivientilaippaa höyrynsulun ja vesieristeen lävistyksissä
- Eristeiden saumat limittäin
- Pintamineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,039 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$
- Pohjamineraalivillan tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,039 \text{ W/mK}$ ja ilmanläpäisevyys $L \leq 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{msPa}$

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$



80 mm	1 KERAAMISET LATTIALAATAT huoneselostuksen mukaan
	2 KIINNITYSLAASTI laattavalmistajan ohjeiden mukaan
	3 TERÄSBETONILAATTA, BY 45, luokka A-4-40
	pinnan kallistukset 1:100 (kaivojen ympärykset 1:50)
	raudoitus: keskeinen verkko 5-150 B 600 KX (rst), verkkojen limitys yksi silmäväli
370 mm	4 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2
	5 XPS-eristys 70+3*100mm, puolipontattu, alin eriste uritettu,
	puristuskestävyys ≥ 300 kPa
	4 VESIERISTYS, luokka VE80R
	rakennetyypin VE3 mukaan
	5 KALLISTUKSET $\geq 1:80$, kevytsorabetonilla (n.600 kg/m ³),
	päällä tasaustaasti, pinta hierretty ja sinkopuhallettu
265 mm	6 ONTELOLAATTA
	rakennesuunnitelmien mukaan
	7 PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
	huoneselostuksen mukaan

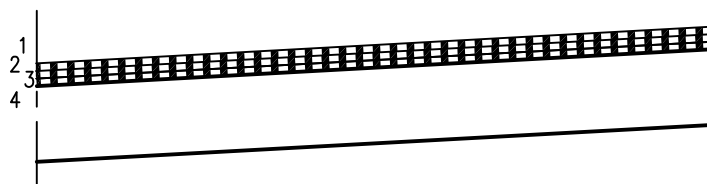
- Läpivienneissä käytetään läpivientilaippaa vesieristeen lävistyksissä
- Eristeiden saumat limittään
- XPS-eristeen tulee täyttää $\lambda_{design} \leq 0,036 W/mK$
- Vedeneristykselle on suoritettava asennuksen jälkeen vedenpaine- ja vuotoerotusprovi onnistuneen vedenpaine- ja vuotoerotusprovin jälkeen suojattava välittömästi pintarakenteilla
- Kaivot käännetyn katon kaivoja LVI-suunnitelmien mukaan (kaivot ja putket AISI 316)

Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.09 \text{ W/m}^2\text{K}$
C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U < 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

 Joensuun Juva Oy Penttiläkatu 1F 80220 JOENSUU Puh (013)137980 Fax (013)137987	Rakennuskohde		Vedeneristys Betonalusta, luokka VE80R	Liite 38.	
	Diplomityö				
	—				
	Päiväys 10.09.2010		Tekijä TRa	Työ nro JU10690	VE3

Mk

VESIERISTYS BETONIALUSTALLE
 Luokka VE80R: kalt. $\geq 1:80$
 Kumibitumikermit

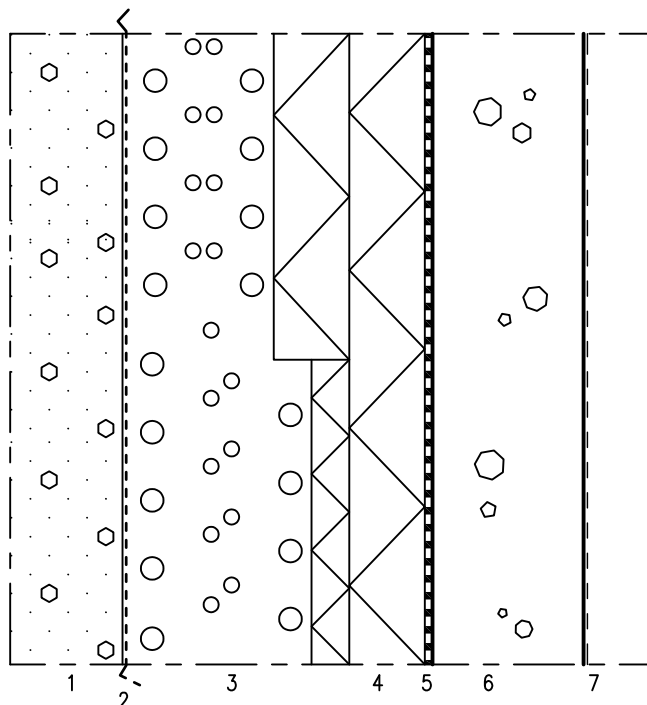


- 1 K-MS 170/3000 hits., KUMIBITUMIERISTYSKERMI
kiinnitetään hitsaamalla kauttaaltaan
- 2 K-MS 170/3000 hits., KUMIBITUMIERISTYSKERMI
kiinnitetään hitsaamalla kauttaaltaan
- 3 K-MS 170/3000 hits., KUMIBITUMIERISTYSKERMI
kiinnitetään hitsaamalla kauttaaltaan
- 4 TARTUNTALIUVOS KBL 20/100
kauttaaltaan n. 0,3 l/m²

TOTEUTUSOHJEET:

- Kermit limitetään sivusaumoilta vähintään 100mm ja päätysaumoilta 150mm siten, että päällekkäisten kerrosten kermit ovat samansuuntaiset eivätkä saumat ole päällekkäin
- Alusta sinkopuhalletaan ja puhdistetaan ennen tartuntalioksen levittämistä
- Eristystyö suoritetaan ohjeen RIL 107–2000 ja valmistajan ohjeiden mukaan

Mk



- 1 TIIVISTETTY ROUTIMATON SORATÄYTTÖ
 tiiveys ja salaojitus rakennepiirustusten mukaan
 2 SUODATINKANGAS, käyttöluokka 2
 ≥200 mm
 3 TIIVISTETTY SALAOJASORA
 rakeisuusalue RIL126–2009, kuva3.6, käyrä 1 mukainen
 4 LÄMMÖNERISTE, EPS–Routa–120 100+50mm
 1 m maanpinnasta alaspäin 100+100 mm
 5 KOSTEUSERISTYS
 rakennetyypin KE1 mukaan
 200 mm
 6 TERÄSBETONISEINÄ
 rakennesuunnitelmien mukaan
 7 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY
 huoneselostuksen mukaan

TOTEUTUSOHJEET:

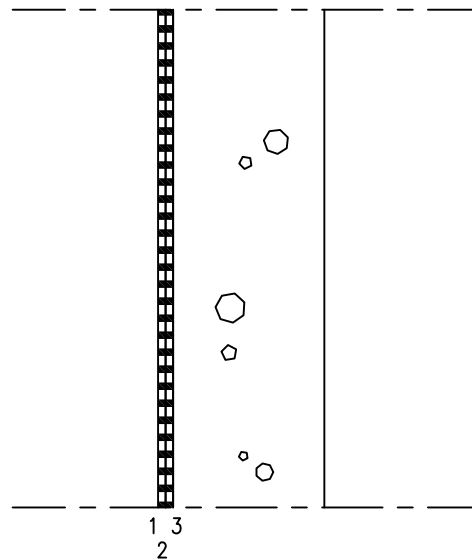
- Lämmöneristelevyt liimataan alustaan bitumilla B95/35
- Pintalämpötila levyjä asennettaessa <130°C
- Lämmöneristeen tulee täyttää EPS–2000 tuoteluokitus
- Läpivienneissä käytetään läpivientilaippaa kosteuseristeen lävistyksissä

0–1m maanpinnan alapuolelle $U = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$,
 >1m maanpinnan alapuolelle $U = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$
 C3/2010 vaatimus: lämmin tila $U \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Energiatodistuskennassa käytettävät lämmönläpäisykertoimet:
 0–1m maanpinnan alapuolelle $U = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$,
 >1m maanpinnan alapuolelle $U = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Energiatodistuskennassa käytettävä kokonaislämmönläpäisykerroin $U = 0.?? \text{ W/m}^2\text{K}$

 Joensuun Juva Oy Penttiläkatu 1F 80220 JOENSUU Puh (013)137980 Fax (013)137987	Rakennuskohde		Kosteuseristys Betonalusta, perusmuuri		Liite 39.
	Diplomityö				
	—				
					KE1
Päiväys 10.09.2010		Tekijä TRa	Työ nro JU10690		

Mk

KOSTEUSERISTYS BETONIALUSTALLE
kaksinkertainen kosteuseristys



- 1 K-MS 170/3000 hits., KUMIBITUMIERISTYSKERMİ
kiinnitetään hitsaamalla kauttaaltaan
- 2 KUUMABITUMISIVELY B-95/35
kauttaaltaan väh. 1,5 kg/m²
- 3 BITUMILIUOSSIVELY BIL-20/85
kauttaaltaan väh. 0,4 kg/m²

TOTEUTUSOHJEET:

- Kermit limitetään sivusaumoilta vähintään 100mm ja päätysaumoilta 150mm siten, että päällekkäisten kerrosten kermit ovat samansuuntaiset eivätkä saumat ole päällekkäin
- Eristystyö suoritetaan ohjeen RIL 107-2000 ja valmistajan ohjeiden mukaan
- Kosteudeneristys nostetaan 300mm maanpinnan yläpuolelle, yläreunaan mekaaninen kiinnitys rakennesuunnitelmien mukaan



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

TOMI RAUTIAINEN
RAKENNUSTEN LÄMMÖNERISTYS MÄÄRÄYKSET 2010
TÄYTTÄVÄT RAKENTEET

Diplomityö, laskelmat

Tarkastaja: professori Ralf Lindberg
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Rakennustekniikan
tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 9. kesäkuuta 2010

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Maanvastainen alapohja: Teräsbetonilaatta, EPS-eristys 140/190mm

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin:

- Teräsbetonilaatta $d_{bet} := 0.1m$ $\lambda_{Design.bet} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Suodatinkangas

- EPS-100-eriste reuna-alue $d_{e.r} := 0.19m$

- EPS-100-eriste sisä-alue $d_{e.s} := 0.14m$

$$\lambda_{Design.e} := 0.036 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Salaojasora 200mm $R_s := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Perusmaa reuna-alue: $R_{b.r} := 0.8 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$ sisä-alue: $R_{b.s} := 3.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,r} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b.r} \quad R_{T,r} = 6.508 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_r := \frac{1}{R_{T,r}} \quad U_r = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,r}$:

-Lämmöneristyskerros tehdään useasta limitetystä eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyksen lämmönvastus: $R_{I,r} := \frac{d_{e,r}}{\lambda_{Design,e}}$

$$R_{I,r} = 5.278 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_{g,r} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,r}}{R_{T,r}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,r} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c,r}$:

$$U_{c,r} := U_r + \Delta U_{g,r} \quad U_{c,r} = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,s} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design,bet}} + \frac{d_{e,s}}{\lambda_{Design,e}} + R_s + R_{b,s} \quad R_{T,s} = 7.519 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_s := \frac{1}{R_{T,s}} \quad U_s = 0.13 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,s}$:

Lämmöneristyksen lämmönvastus: $R_{I,s} := \frac{d_{e,s}}{\lambda_{Design,e}}$

$$R_{I,s} = 3.889 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$\Delta U_{g,s} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,s}}{R_{T,s}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,s} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle $U_{c,s}$:

$$U_{c,s} := U_s + \Delta U_{g,s} \quad U_{c,s} = 0.13 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Energiatodistus laskuissa käytettävät u-arvot:

-Tällöin ei maanlämmönvastusta saa huomioida. Huomioidaan kuitenkin kapillaarikatkosorakerros, koska sen huomioon ottamista ei kielletä.

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.r.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.r.e} = 5.708 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{r.e} := \frac{1}{R_{T.r.e}} \quad U_{r.e} = 0.18 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

$$\text{Lämmöneristyksen lämmönvastus: } R_{I.r.e} := \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} \quad R_{I.r.e} = 5.278 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä:

$$\Delta U_{g.e} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.r.e}}{R_{T.r.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c.r.e}$:

$$U_{c.r.e} := U_{r.e} + \Delta U_{g.e} \quad U_{c.r.e} = 0.18 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.s.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.s.e} = 4.319 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{s.e} := \frac{1}{R_{T.s.e}} \quad U_{s.e} = 0.23 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

$$\text{Lämmöneristyksen lämmönvastu: } R_{I.s.e} := \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}} \quad R_{I.s.e} = 3.889 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$\Delta U_{g.e.s} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.s.e}}{R_{T.s.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e.s} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle energialaskuissa $U_{c.s.e}$:

$$U_{c.s.e} := U_{s.e} + \Delta U_{g.e.s} \quad U_{c.s.e} = 0.23 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Maanvastainen alapohja: Teräsbetonilaatta, EPS-eristys 150mm

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin:

- Teräsbetonilaatta $d_{bet} := 0.1m$ $\lambda_{Design.bet} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Suodatinkangas

- EPS-100-eriste $d_e := 0.15m$ $\lambda_{Design.e} := 0.036 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Salaojasora 200mm $R_s := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Perusmaa reuna-alue: $R_{b.r} := 0.8 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$ sisä-alue: $R_{b.s} := 3.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,r} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b.r} \quad R_{T,r} = 5.397 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_r := \frac{1}{R_{T,r}} \quad U_r = 0.19 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,r}$:

-Lämmöneristyskerros tehdään useasta limitetystä eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus: $R_I := \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} \quad R_I = 4.167 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_{g,r} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_{T,r}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,r} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c,r}$:

$$U_{c,r} := U_r + \Delta U_{g,r} \quad U_{c,r} = 0.19 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,s} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b,s} \quad R_{T,s} = 7.797 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_s := \frac{1}{R_{T,s}} \quad U_s = 0.13 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,s}$:

$$\Delta U_{g,s} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_{T,s}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,s} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle $U_{c,s}$:

$$U_{c,s} := U_s + \Delta U_{g,s} \quad U_{c,s} = 0.13 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Energiatodistus laskuissa käytettävät u-arvot:

-Tällöin ei maanlämmönvastusta saa huomioida. Huomioidaan kuitenkin kapillaarikatkosorakerros, koska sen huomioon ottamista ei kielletä.

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T,e} = 4.597 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_e := \frac{1}{R_{T.e}} \quad U_e = 0.22 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,e}$:

$$\Delta U_{g,e} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_{T.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,e} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin $U_{c,e}$:

$$U_{c,e} := U_e + \Delta U_{g,e} \quad U_{c,e} = 0.22 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Maanvastainen alapohja: Teräsbetonilaatta, EPS-eristys 200mm

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin:

- Teräsbetonilaatta $d_{bet} := 0.1m$ $\lambda_{Design.bet} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Suodatinkangas

- EPS-100-eriste $d_e := 0.20m$ $\lambda_{Design.e} := 0.036 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Salaojasora 200mm $R_s := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Perusmaa reuna-alue: $R_{b.r} := 0.8 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$ sisä-alue: $R_{b.s} := 3.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,r} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b.r} \quad R_{T,r} = 6.786 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_r := \frac{1}{R_{T,r}} \quad U_r = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,r}$:

-Lämmöneristyskerros tehdään useasta limitetystä eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus: $R_I := \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} \quad R_I = 5.556 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_{g,r} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_{T,r}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,r} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c,r}$:

$$U_{c,r} := U_r + \Delta U_{g,r} \quad U_{c,r} = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,s} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b,s} \quad R_{T,s} = 9.186 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_s := \frac{1}{R_{T,s}} \quad U_s = 0.11 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,s}$:

$$\Delta U_{g,s} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_{T,s}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,s} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle $U_{c,s}$:

$$U_{c,s} := U_s + \Delta U_{g,s} \quad U_{c,s} = 0.11 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Energiatodistus laskuissa käytettävät u-arvot:

-Tällöin ei maanlämmönvastusta saa huomioida. Huomioidaan kuitenkin kapillaarikatkosorakerros, koska sen huomioon ottamista ei kielletä.

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,r,e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T,r,e} = 5.986 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_e := \frac{1}{R_{T.r.e}} \quad U_e = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,e}$:

$$\Delta U_{g,e} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_{T.r.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,e} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin $U_{c,e}$:

$$U_{c,e} := U_e + \Delta U_{g,e} \quad U_{c,e} = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Maanvastainen alapohja: Teräsbetonilaatta, EPS-eristys 100/200mm

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin:

- Teräsbetonilaatta $d_{bet} := 0.1m$ $\lambda_{Design.bet} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Suodatinkangas

- EPS-100-eriste reuna-alue $d_{e.r} := 0.2m$

- EPS-100-eriste sisä-alue $d_{e.s} := 0.10m$

$$\lambda_{Design.e} := 0.036 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Salaojasora 200mm $R_s := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Perusmaa reuna-alue: $R_{b.r} := 0.8 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$ sisä-alue: $R_{b.s} := 3.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,r} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b.r} \quad R_{T,r} = 6.786 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_r := \frac{1}{R_{T,r}} \quad U_r = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,r}$:

-Lämmöneristyskerros tehdään useasta limitetystä eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyksen lämmönvastus: $R_{I.r} := \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}}$ $R_{I.r} = 5.556 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_{g.r} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.r}}{R_{T.r}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.r} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c.r}$:

$$U_{c.r} := U_r + \Delta U_{g.r} \quad U_{c.r} = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.s} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b.s} \quad R_{T.s} = 6.408 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_s := \frac{1}{R_{T.s}} \quad U_s = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g.s}$:

Lämmöneristyksen lämmönvastus: $R_{I.s} := \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}}$ $R_{I.s} = 2.778 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

$$\Delta U_{g.s} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.s}}{R_{T.s}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.s} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle $U_{c.s}$:

$$U_{c.s} := U_s + \Delta U_{g.s} \quad U_{c.s} = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Energiatodistus laskuissa käytettävät u-arvot:

-Tällöin ei maanlämmönvastusta saa huomioida. Huomioidaan kuitenkin kapillaarikatkosorakerros, koska sen huomioon ottamista ei kielletä.

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.r.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.r.e} = 5.986 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{r.e} := \frac{1}{R_{T.r.e}} \quad U_{r.e} = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

$$\text{Lämmöneristysten lämmönvastus: } R_{I.r.e} := \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} \quad R_{I.r.e} = 5.556 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$\Delta U_{g.e} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.r.e}}{R_{T.r.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c.r.e}$:

$$U_{c.r.e} := U_{r.e} + \Delta U_{g.e} \quad U_{c.r.e} = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.s.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.s.e} = 3.208 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{s.e} := \frac{1}{R_{T.s.e}} \quad U_{s.e} = 0.31 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

Lämmöneristyksen lämmönvastus: $R_{I.s.e} := \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}} \quad R_{I.s.e} = 2.778 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

$$\Delta U_{g.e.s} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.s.e}}{R_{T.s.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e.s} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle energialaskuissa $U_{c.s.e}$:

$$U_{c.s.e} := U_{s.e} + \Delta U_{g.e.s} \quad U_{c.s.e} = 0.31 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Maanvastainen alapohja: Teräsbetoni-laatta, EPS-eristys 100mm (Kellari)

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin:

- Teräsbetoni-laatta $d_{bet} := 0.10m$ $\lambda_{Design.bet} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Suodatinkangas

- EPS-100-eriste $d_e := 0.10m$ $\lambda_{Design.e} := 0.036 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Salaojasora 200mm $R_s := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Perusmaa sisä-alue: $R_{b.s} := 3.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b.s} \quad R_T = 6.408 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros tehdään useasta limitetystä eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus: $R_I := \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} \quad R_I = 2.778 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin $U_{c.s.}$:

$$U_c := U + \Delta U_g \quad U_c = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Energiatodistus laskuissa käytettävät u-arvot:

-Tällöin ei maanlämmönvastusta saa huomioida. Huomioidaan kuitenkin kapillaarikatkosorakerros, koska sen huomioon ottamista ei kielletä.

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.e} = 3.208 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_e := \frac{1}{R_{T.e}} \quad U_e = 0.31 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g.e}$:

$$\Delta U_{g.e} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_{T.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin $U_{c.e}$:

$$U_{c.e} := U_e + \Delta U_{g.e} \quad U_{c.e} = 0.31 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Maanvastainen alapohja: Teräsbetonilaatta, EPS-eristys 140/190mm (VSS)

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin:

- Teräsbetonilaatta $d_{bet} := 0.19m$ $\lambda_{Design.bet} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Suodatinkangas

- EPS-100-eriste reuna-alue $d_{e.r} := 0.19m$

- EPS-100-eriste sisä-alue $d_{e.s} := 0.14m$

$$\lambda_{Design.e} := 0.036 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Salaojasora 200mm $R_s := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Perusmaa reuna-alue: $R_{b.r} := 0.8 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$ sisä-alue: $R_{b.s} := 3.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,r} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b.r} \quad R_{T,r} = 6.563 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_r := \frac{1}{R_{T,r}} \quad U_r = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,r}$:

-Lämmöneristyskerros tehdään useasta limitetystä eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyksen lämmönvastus: $R_{I,r} := \frac{d_{e,r}}{\lambda_{Design,e}}$ $R_{I,r} = 5.278 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_{g,r} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,r}}{R_{T,r}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,r} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c,r}$:

$$U_{c,r} := U_r + \Delta U_{g,r} \quad U_{c,r} = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,s} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design,bet}} + \frac{d_{e,s}}{\lambda_{Design,e}} + R_s + R_{b,s} \quad R_{T,s} = 7.574 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_s := \frac{1}{R_{T,s}} \quad U_s = 0.13 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,s}$:

Lämmöneristyksen lämmönvastus: $R_{I,s} := \frac{d_{e,s}}{\lambda_{Design,e}}$ $R_{I,s} = 3.889 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

$$\Delta U_{g,s} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,s}}{R_{T,s}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,s} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle $U_{c,s}$:

$$U_{c,s} := U_s + \Delta U_{g,s} \quad U_{c,s} = 0.13 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Energiatodistus laskuissa käytettävät u-arvot:

-Tällöin ei maanlämmönvastusta saa huomioida. Huomioidaan kuitenkin kapillaarikatkosorakerros, koska sen huomioon ottamista ei kielletä.

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.r.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.r.e} = 5.763 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{r.e} := \frac{1}{R_{T.r.e}} \quad U_{r.e} = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

$$\text{Lämmöneristyksen lämmönvastus: } R_{I.r.e} := \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} \quad R_{I.r.e} = 5.278 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä:

$$\Delta U_{g.e} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.r.e}}{R_{T.r.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c.r.e}$:

$$U_{c.r.e} := U_{r.e} + \Delta U_{g.e} \quad U_{c.r.e} = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.s.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.s.e} = 4.374 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{s.e} := \frac{1}{R_{T.s.e}} \quad U_{s.e} = 0.23 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

$$\text{Lämmöneristyksen lämmönvastus: } R_{I.s.e} := \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}} \quad R_{I.s.e} = 3.889 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$\Delta U_{g.e.s} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.s.e}}{R_{T.s.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e.s} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle energialaskuissa $U_{c.s.e}$:

$$U_{c.s.e} := U_{s.e} + \Delta U_{g.e.s} \quad U_{c.s.e} = 0.23 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Maanvastainen alapohja: Teräsbetoni-laatta, EPS-eristys 100mm(VSS Kellari)

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin:

- Teräsbetoni-laatta $d_{bet} := 0.19m$ $\lambda_{Design.bet} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Suodatinkangas

- EPS-100-eriste $d_e := 0.10m$ $\lambda_{Design.e} := 0.036 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Salaojasora 200mm $R_s := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Perusmaa sisä-alue: $R_{b.s} := 3.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b.s} \quad R_T = 6.463 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros tehdään useasta limitetystä eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyksen lämmönvastus: $R_I := \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} \quad R_I = 2.778 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c :

$$U_c := U + \Delta U_g \quad U_c = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Energiatodistus laskuissa käytettävät u-arvot:

-Tällöin ei maanlämmönvastusta saa huomioida. Huomioidaan kuitenkin kapillaarikatkosorakerros, koska sen huomioon ottamista ei kielletä.

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.e} = 3.263 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_e := \frac{1}{R_{T.e}} \quad U_e = 0.31 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g.e}$:

$$\Delta U_{g.e} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_{T.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin $U_{c.e}$:

$$U_{c.e} := U_e + \Delta U_{g.e} \quad U_{c.e} = 0.31 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Maanvastainen alapohja: Teräsbetonilaatta, EPS-eristys 70/140mm

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin:

- Teräsbetonilaatta $d_{bet} := 0.1m$ $\lambda_{Design.bet} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Suodatinkangas

- EPS-100-eriste reuna-alue $d_{e.r} := 0.14m$

- EPS-100-eriste sisä-alue $d_{e.s} := 0.07m$

$$\lambda_{Design.e} := 0.036 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Salaojasora 200mm $R_s := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Perusmaa reuna-alue: $R_{b.r} := 0.8 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$ sisä-alue: $R_{b.s} := 3.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,r} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b.r} \quad R_{T,r} = 5.119 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_r := \frac{1}{R_{T,r}} \quad U_r = 0.2 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,r}$:

-Lämmöneristyskerros tehdään useasta limitetystä eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U''_r := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus: $R_{I,r} := \frac{d_{e,r}}{\lambda_{Design,e}} \quad R_{I,r} = 3.889 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_{g,r} := \Delta U''_r \cdot \left(\frac{R_{I,r}}{R_{T,r}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,r} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c,r}$:

$$U_{c,r} := U_r + \Delta U_{g,r} \quad U_{c,r} = 0.2 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,s} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design,bet}} + \frac{d_{e,s}}{\lambda_{Design,e}} + R_s + R_{b,s} \quad R_{T,s} = 5.575 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_s := \frac{1}{R_{T,s}} \quad U_s = 0.18 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,s}$:

-Lämmöneristyskerros tehdään yhdestä eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 1 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U''_s := 0.01 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus: $R_{I,s} := \frac{d_{e,s}}{\lambda_{Design,e}} \quad R_{I,s} = 1.944 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

$$\Delta U_{g,s} := \Delta U''_s \cdot \left(\frac{R_{I,s}}{R_{T,s}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,s} = 1.216 \times 10^{-3} \frac{kg}{K \cdot s^3}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle $U_{c,s}$:

$$U_{c,s} := U_s + \Delta U_{g,s} \quad U_{c,s} = 0.18 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Energiatodistus laskuissa käytettävät u-arvot:

-Tällöin ei maanlämmönvastusta saa huomioida. Huomioidaan kuitenkin kapillaarikatkosorakerros, koska sen huomioon ottamista ei kielletä.

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.r.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.r.e} = 4.319 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{r.e} := \frac{1}{R_{T.r.e}} \quad U_{r.e} = 0.23 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

$$\text{Lämmöneristyksen lämmönvastus: } R_{I.r.e} := \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} \quad R_{I.r.e} = 3.889 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä:

$$\Delta U_{g.e} := \Delta U''_r \cdot \left(\frac{R_{I.r.e}}{R_{T.r.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c.r.e}$:

$$U_{c.r.e} := U_{r.e} + \Delta U_{g.e} \quad U_{c.r.e} = 0.23 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.s.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.s.e} = 2.375 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{s.e} := \frac{1}{R_{T.s.e}} \quad U_{s.e} = 0.42 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

Lämmöneristyksen lämmönvastus: $R_{I.s.e} := \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}} \quad R_{I.s.e} = 1.944 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

$$\Delta U_{g.e.s} := \Delta U''_s \cdot \left(\frac{R_{I.s.e}}{R_{T.s.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e.s} = 6.703 \times 10^{-3} \frac{kg}{K \cdot s^3}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle energialaskuissa $U_{c.s.e}$:

$$U_{c.s.e} := U_{s.e} + \Delta U_{g.e.s} \quad U_{c.s.e} = 0.43 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Maanvastainen alapohja: Teräsbetonilaatta, XPS-eristys 100/200mm

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin:

- Teräsbetonilaatta $d_{bet} := 0.12m$ $\lambda_{Design.bet} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Suodatinkangas

- EPS-100-eriste reuna-alue $d_{e.r} := 0.20m$

- EPS-100-eriste sisä-alue $d_{e.s} := 0.10m$

$$\lambda_{Design.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Salaojasora 200mm $R_s := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Perusmaa reuna-alue: $R_{b.r} := 0.8 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$ sisä-alue: $R_{b.s} := 3.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,r} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} + R_s + R_{b,r} \quad R_{T,r} = 6.648 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_r := \frac{1}{R_{T,r}} \quad U_r = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,r}$:

-Lämmöneristyskerros tehdään useasta limitetystä eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyksen lämmönvastus: $R_{I,r} := \frac{d_{e,r}}{\lambda_{Design,e}}$ $R_{I,r} = 5.405 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_{g,r} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,r}}{R_{T,r}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,r} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c,r}$:

$$U_{c,r} := U_r + \Delta U_{g,r} \quad U_{c,r} = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,s} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design,bet}} + \frac{d_{e,s}}{\lambda_{Design,e}} + R_s + R_{b,s} \quad R_{T,s} = 6.345 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_s := \frac{1}{R_{T,s}} \quad U_s = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,s}$:

Lämmöneristyksen lämmönvastus: $R_{I,s} := \frac{d_{e,s}}{\lambda_{Design,e}}$ $R_{I,s} = 2.703 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

$$\Delta U_{g,s} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,s}}{R_{T,s}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,s} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle $U_{c,s}$:

$$U_{c,s} := U_s + \Delta U_{g,s} \quad U_{c,s} = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Energiatodistus laskuissa käytettävät u-arvot:

-Tällöin ei maanlämmönvastusta saa huomioida. Huomioidaan kuitenkin kapillaarikatkosorakerros, koska sen huomioon ottamista ei kielletä.

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.r.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.r.e} = 5.848 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{r.e} := \frac{1}{R_{T.r.e}} \quad U_{r.e} = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

$$\text{Lämmöneristyksen lämmönvastus: } R_{I.r.e} := \frac{d_{e.r}}{\lambda_{Design.e}} \quad R_{I.r.e} = 5.405 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä:

$$\Delta U_{g.e} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.r.e}}{R_{T.r.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c.r.e}$:

$$U_{c.r.e} := U_{r.e} + \Delta U_{g.e} \quad U_{c.r.e} = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.s.e} := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}} + R_s \quad R_{T.s.e} = 3.145 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{s.e} := \frac{1}{R_{T.s.e}} \quad U_{s.e} = 0.32 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

$$\text{Lämmöneristyksen lämmönvastus: } R_{I.s.e} := \frac{d_{e.s}}{\lambda_{Design.e}} \quad R_{I.s.e} = 2.703 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$\Delta U_{g.e.s} := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.s.e}}{R_{T.s.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e.s} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle energialaskuissa $U_{c.s.e}$:

$$U_{c.s.e} := U_{s.e} + \Delta U_{g.e.s} \quad U_{c.s.e} = 0.32 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Tuuletettu alapohja: Ontelolaatta, EPS-eristys 220mm

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin:

- Teräsbetonilaatta $d_{bet} := 0.06m$

$$\lambda_{Design.bet} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Ontelolaatta $d_{bet.o} := 0.265m$

- EPS-60S-eriste

$$d_e := 0.22m$$

$$\lambda_{Design.e} := 0.040 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Pintavastus sisäpinnassa alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{bet.o}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_{se} \quad R_T = 5.907 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti ja saumataan, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus: $R_I := \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} \quad R_I = 5.5 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c :

$$U_c := U + \Delta U_g$$

$$U_c = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Tuuletettu alapohja: Ontelolaatta, Thermisol platina EPS-eristys 170mm

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin:

- Teräsbetonilaatta $d_{bet} := 0.06m$

$$\lambda_{Design.bet} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Ontelolaatta $d_{bet.o} := 0.265m$

- Platina-eriste

$$d_e := 0.170m$$

$$\lambda_{Design.e} := 0.031 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Pintavastus sisäpinnassa alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_{bet}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_{bet.o}}{\lambda_{Design.bet}} + \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} + R_{se} \quad R_T = 5.891 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti ja saumataan, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus: $R_I := \frac{d_e}{\lambda_{Design.e}} \quad R_I = 5.484 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c :

$$U_c := U + \Delta U_g$$

$$U_c = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Tuuletettu alapohja: Puurakenteinen, Min.villa eristys 225mm+huokoinen puukuitulevy 25mm, alapohjan tuuletus <0,8%

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin (ei huomioida höyrynsulkua):

- Lastulevy $d_l := 0.028m$ $\lambda_{Design.l} := 0.14 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_k := 0.05m$ $l_k := 0.05m$ $\lambda_{Design.k} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_k := 0.6m$

- Min.villa $d_{k.e} := 0.05m$ $\lambda_{Design.k.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Vasat 200*50 k600 $d_v := 0.200m$ $l_v := 0.05m$ $\lambda_{Design.v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_v := 0.6m$

- Min.villa $d_{v.e} := 0.175m$ $\lambda_{Design.v.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{v.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Huokoinen puukuitulevy $d_h := 0.025m$ $\lambda_{Design.h} := 0.053 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_h := 10 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

-Pintavastus sisäpinnassa alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden vasan ja koolauksen sekä siihen kuuluu yksi puiden risteyskohta:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{\left[(k_k - l_k) \cdot (k_v - l_v) \right]}{(k_k \cdot k_v)} \quad f_a = 0.8403$$

-Koolauksen ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{\left[(k_k - l_k) \cdot l_k \right]}{(k_k \cdot k_v)} \quad f_b = 0.0764$$

-Vasan ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_c := \frac{\left[(k_v - l_v) \cdot l_v \right]}{(k_k \cdot k_v)} \quad f_c = 0.0764$$

-Vasan ja koolauksen risteys osa-alue:

$$f_d := \frac{(l_k \cdot l_v)}{(k_k \cdot k_v)} \quad f_d = 6.9444 \times 10^{-3}$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{Design.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{Design.k.e}} + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v.e}} + \frac{d_h}{\lambda_{Design.h}} + R_{se}$$

$$R_{T.a} = 6.963 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{Design.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{Design.k}} + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v.e}} + \frac{d_h}{\lambda_{Design.h}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 6.028 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.c} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{Design.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{Design.k.e}} + \frac{d_v}{\lambda_{Design.v}} + R_{se}$$

$$R_{T.c} = 3.428 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.d} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{Design.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{Design.k}} + \frac{d_v}{\lambda_{Design.v}} + R_{se}$$

$$R_{T.d} = 2.493 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} + \frac{f_c}{R_{T.c}} + \frac{f_d}{R_{T.d}} \right)} \quad R_{T'} = 6.312 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja $R_{T''}$:

Rakennusosassa on kolme epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2.k} := \frac{l_k}{k_k} \quad f_{2.k} = 0.083$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_k - l_k)}{k_k} \quad f_{2.e} = 0.917$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2.k}}{\left(\frac{d_k}{\lambda_{Design.k}} \right)} + \frac{f_{2.e}}{\left(\frac{d_{k.e}}{\lambda_{Design.k.e}} \right)} \right]} \quad R_j = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Vasan ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{3.v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{3.v} = 0.083$$

$$f_{3.e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{3.e} = 0.917$$

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{3.v}}{\left(\frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v}} \right)} + \frac{f_{3.e}}{\left(\frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v.e}} \right)} \right]} \quad R_k = 3.985 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Vasan ja tuulensuojalevyn kohdan lämmönvastukset

$$R_l := \frac{1}{\left[\frac{f_{3.v}}{\left(\frac{d_h}{\lambda_{Design.v}} \right)} + \frac{f_{3.e}}{\left(\frac{d_h}{\lambda_{Design.h}} \right)} \right]} \quad R_l = 0.427 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{Design.l}} + R_j + R_k + R_l + R_{se} \quad R_{T''} = 5.96 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 6.136 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin, jolloin korjaustaso on 1 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{k.e}}{\lambda_{Design.k.e}} + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v.e}} + \frac{d_h}{\lambda_{Design.h}} \quad R_I = 6.553 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0.011 \frac{kg}{K \cdot s^3}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu alapohja ja aukkojen pinta-ala max. 0,8% , jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevän lämmöneristyksen lämmönvastus:

$$R_{I.e} := \frac{d_{k.e}}{\lambda_{Design.k.e}} + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v.e}} \qquad R_{I.e} = 6.081 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_a \cdot \left(\frac{R_{I.e}}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_a = 0$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \qquad \Delta U = 0.011 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \qquad p = 7\% \qquad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \qquad U_c = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Tuuletettu alapohja: Puurakenteinen, Min.villa eristys 250mm+huokoinen puukuitulevy 25mm, alapohjan tuuletus > 0,8%

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin (ei huomioida höyrynsulkua):

- Lastulevy $d_l := 0.028m$ $\lambda_{Design.l} := 0.14 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Koolaus 75*50 k600 $d_k := 0.075m$ $l_k := 0.05m$ $\lambda_{Design.k} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_k := 0.6m$

- Min.villa $d_{k.e} := 0.075m$ $\lambda_{Design.k.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Vasat 200*50 k600 $d_v := 0.200m$ $l_v := 0.05m$ $\lambda_{Design.v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_v := 0.6m$

- Min.villa $d_{v.e} := 0.175m$ $\lambda_{Design.v.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{v.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Huokoinen puukuitulevy $d_h := 0.025m$ $\lambda_{Design.h} := 0.053 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_h := 10 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

-Pintavastus sisäpinnassa alaspäin $R_{si} := 0.17 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden vasan ja koolauksen sekä siihen kuuluu yksi puiden risteyskohta:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{\left[(k_k - l_k) \cdot (k_v - l_v) \right]}{(k_k \cdot k_v)} \quad f_a = 0.8403$$

-Koolauksen ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{\left[(k_k - l_k) \cdot l_k \right]}{(k_k \cdot k_v)} \quad f_b = 0.0764$$

-Vasan ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_c := \frac{\left[(k_v - l_v) \cdot l_v \right]}{(k_k \cdot k_v)} \quad f_c = 0.0764$$

-Vasan ja koolauksen risteys osa-alue:

$$f_d := \frac{(l_k \cdot l_v)}{(k_k \cdot k_v)} \quad f_d = 6.9444 \times 10^{-3}$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{Design.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{Design.k.e}} + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v.e}} + \frac{d_h}{\lambda_{Design.h}} + R_{se}$$

$$R_{T.a} = 7.638 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{Design.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{Design.k}} + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v.e}} + \frac{d_h}{\lambda_{Design.h}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 6.236 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.c} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{Design.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{Design.k.e}} + \frac{d_v}{\lambda_{Design.v}} + R_{se}$$

$$R_{T.c} = 4.104 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.d} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{Design.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{Design.k}} + \frac{d_v}{\lambda_{Design.v}} + R_{se}$$

$$R_{T.d} = 2.702 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} + \frac{f_c}{R_{T.c}} + \frac{f_d}{R_{T.d}} \right)} \quad R_{T'} = 6.972 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja $R_{T''}$:

Rakennusosassa on kolme epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2.k} := \frac{l_k}{k_k} \quad f_{2.k} = 0.083$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_k - l_k)}{k_k} \quad f_{2.e} = 0.917$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2.k}}{\left(\frac{d_k}{\lambda_{Design.k}} \right)} + \frac{f_{2.e}}{\left(\frac{d_{k.e}}{\lambda_{Design.k.e}} \right)} \right]} \quad R_j = 1.708 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Vasan ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{3.v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{3.v} = 0.083$$

$$f_{3.e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{3.e} = 0.917$$

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{3.v}}{\left(\frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v}} \right)} + \frac{f_{3.e}}{\left(\frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v.e}} \right)} \right]} \quad R_k = 3.985 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Vasan ja tuulensuojalevyn kohdan lämmönvastukset

$$R_l := \frac{1}{\left[\frac{f_{3.v}}{\left(\frac{d_h}{\lambda_{Design.v}} \right)} + \frac{f_{3.e}}{\left(\frac{d_h}{\lambda_{Design.h}} \right)} \right]} \quad R_l = 0.427 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{Design.l}} + R_j + R_k + R_l + R_{se} \quad R_{T''} = 6.529 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 6.75 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin, jolloin korjaustaso on 1 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{k.e}}{\lambda_{Design.k.e}} + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v.e}} + \frac{d_h}{\lambda_{Design.h}} \quad R_I = 7.228 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0.011 \frac{kg}{K \cdot s^3}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu alapohja ja aukkojen pinta-ala suurempi kuin 0,8% , jolloin RIL 225-2004 taulukon 8. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.005 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevän lämmöneristyksen lämmönvastus:

$$R_{I.e} := \frac{d_{k.e}}{\lambda_{Design.k.e}} + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{Design.v.e}} \quad R_{I.e} = 6.757 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_a \cdot \left(\frac{R_{I.e}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 5.009 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0.011 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 7.7\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Puurunko, Min.villa eristys 250mm+kipsilevy

Oletetaan, että koolaukset rungon molemminpuolin samoilla kohdilla

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Kipsilevy $d_l := 0.013m$ $\lambda_{D,l} := 0.25 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_k := 0.05m$ $l_k := 0.05m$ $\lambda_{D,k} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_k := 0.6m$

- Min.villa $d_{k.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Höyrynsulkumuovi
 (Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Runko 150*50 k600 $d_r := 0.15m$ $l_r := 0.05m$ $\lambda_{D,r} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_r := 0.6m$

- Min.villa $d_{r.e} := 0.15m$ $\lambda_{D,r.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{r.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_{k2} := 0.05m$ $l_{k2} := 0.05m$ $\lambda_{D,k2} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 (jaon oltava samakuin toisenpuolen koolauksen) $k_{k2} := 0.6m$

- Min.villa $d_{k2.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k2.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k2.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Tuulensuojakipsilevy

$$d_t := 0.009m$$

$$\lambda_{D,t} := 0.25 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

-Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$
(hyvin tuulettuva ilmarako)

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden rungon ja koolaukset sekä siihen kuuluu yksi puiden risteyskohta:

-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: $f_a := \frac{[(k_k - l_k) \cdot (k_r - l_r)]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_a = 0.8403$

-Koolauksien ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{[(k_k - l_k) \cdot l_k]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_b = 0.0764$$

-Rungon ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_c := \frac{[(k_r - l_r) \cdot l_r]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_c = 0.0764$$

-Rungon ja koolauksien risteys osa-alue:

$$f_d := \frac{(l_k \cdot l_r)}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_d = 6.9444 \times 10^{-3}$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,a} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} + R_q + \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} + \frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se}$$

$$R_{T,a} = 7.125 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 5.255 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.c} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2.e}}{\lambda_{D.k2.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.c} = 4.321 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.d} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.d} = 2.451 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} + \frac{f_c}{R_{T.c}} + \frac{f_d}{R_{T.d}} \right)} \quad R_{T'} = 6.537 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T :

Rakennusosassa on kolme epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2.k} := \frac{l_k}{k_k} \quad f_{2.k} = 0.083$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_k - l_k)}{k_k} \quad f_{2.e} = 0.917$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2.k}}{\left(\frac{d_k}{\lambda_{D.k}} \right)} + \frac{f_{2.e}}{\left(\frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} \right)} \right]} \quad R_j = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Rungon ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{3,r} := \frac{l_r}{k_r} \quad f_{3,r} = 0.083$$

$$f_{3,e} := \frac{(k_r - l_r)}{k_r} \quad f_{3,e} = 0.917$$

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{3,r}}{\left(\frac{d_r}{\lambda_{D,r}} \right)} + \frac{f_{3,e}}{\left(\frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \right)} \right]} \quad R_k = 3.416 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-2.Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{4,k} := \frac{l_{k2}}{k_{k2}} \quad f_{4,k} = 0.083$$

$$f_{4,e} := \frac{(k_{k2} - l_{k2})}{k_{k2}} \quad f_{4,e} = 0.917$$

$$R_l := \frac{1}{\left[\frac{f_{4,k}}{\left(\frac{d_{k2}}{\lambda_{D,k2}} \right)} + \frac{f_{4,e}}{\left(\frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} \right)} \right]} \quad R_l = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + R_j + R_q + R_k + R_l + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se} \quad R_{T''} = 6.061 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 6.299 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se jakaa rakenteen kahteen osaan. Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin, jolloin korjaustaso on 1 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_{I,1} := \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} \quad R_{I,1} = 1.351 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I,2} := \frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} + \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \quad R_{I,2} = 5.405 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 7.825 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se toimii konvektiokatkona. Jolloin rakenne lasketaan kahdessa osassa. RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 7.825 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 7.825 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 4.929\% \quad \text{jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Puurunko, Min.villa eristys 250mm+kipsilevy

Oletetaan, että koolaukset rungon molemminpuolin samoilla kohdilla

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Kipsilevy $d_l := 0.013m$ $\lambda_{D,l} := 0.25 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_k := 0.05m$ $l_k := 0.05m$ $\lambda_{D,k} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_k := 0.6m$

- Min.villa $d_{k.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Höyrynsulkumuovi
 (Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Runko 150*50 k600 $d_r := 0.15m$ $l_r := 0.05m$ $\lambda_{D,r} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_r := 0.6m$

- Min.villa $d_{r.e} := 0.15m$ $\lambda_{D,r.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{r.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_{k2} := 0.05m$ $l_{k2} := 0.05m$ $\lambda_{D,k2} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 (jaon oltava samakuin toisenpuolen koolauksen) $k_{k2} := 0.6m$

- Min.villa $d_{k2.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k2.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k2.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Tuulensuojakipsilevy

$$d_t := 0.009m$$

$$\lambda_{D,t} := 0.25 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

-Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$
(hyvin tuulettuva ilmarako)

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden rungon ja koolaukset sekä siihen kuuluu yksi puiden risteyskohta:

-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: $f_a := \frac{[(k_k - l_k) \cdot (k_r - l_r)]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_a = 0.8403$

-Koolauksien ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{[(k_k - l_k) \cdot l_k]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_b = 0.0764$$

-Rungon ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_c := \frac{[(k_r - l_r) \cdot l_r]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_c = 0.0764$$

-Rungon ja koolauksien risteys osa-alue:

$$f_d := \frac{(l_k \cdot l_r)}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_d = 6.9444 \times 10^{-3}$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,a} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} + R_q + \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} + \frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se}$$

$$R_{T,a} = 7.125 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 5.255 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.c} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2.e}}{\lambda_{D.k2.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.c} = 4.321 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.d} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.d} = 2.451 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} + \frac{f_c}{R_{T.c}} + \frac{f_d}{R_{T.d}} \right)} \quad R_{T'} = 6.537 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T :

Rakennusosassa on kolme epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2.k} := \frac{l_k}{k_k} \quad f_{2.k} = 0.083$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_k - l_k)}{k_k} \quad f_{2.e} = 0.917$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2.k}}{\left(\frac{d_k}{\lambda_{D.k}} \right)} + \frac{f_{2.e}}{\left(\frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} \right)} \right]} \quad R_j = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Rungon ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{3,r} := \frac{l_r}{k_r} \quad f_{3,r} = 0.083$$

$$f_{3,e} := \frac{(k_r - l_r)}{k_r} \quad f_{3,e} = 0.917$$

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{3,r}}{\left(\frac{d_r}{\lambda_{D,r}} \right)} + \frac{f_{3,e}}{\left(\frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \right)} \right]} \quad R_k = 3.416 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-2.Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{4,k} := \frac{l_{k2}}{k_{k2}} \quad f_{4,k} = 0.083$$

$$f_{4,e} := \frac{(k_{k2} - l_{k2})}{k_{k2}} \quad f_{4,e} = 0.917$$

$$R_l := \frac{1}{\left[\frac{f_{4,k}}{\left(\frac{d_{k2}}{\lambda_{D,k2}} \right)} + \frac{f_{4,e}}{\left(\frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} \right)} \right]} \quad R_l = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + R_j + R_q + R_k + R_l + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se} \quad R_{T''} = 6.061 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 6.299 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se jakaa rakenteen kahteen osaan. Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin, jolloin korjaustaso on 1 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_{I,1} := \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} \quad R_{I,1} = 1.351 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I,2} := \frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} + \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \quad R_{I,2} = 5.405 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 7.825 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se toimii konvektiokatkona. Jolloin rakenne lasketaan kahdessa osassa. RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 7.825 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 7.825 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 4.929\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Puurunko, Min.villa eristys 250mm+huokoinen puukuitulevy

Oletetaan, että koolaukset rungon molemminpuolin samoilla kohdilla

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Kipsilevy $d_l := 0.013m$ $\lambda_{D,l} := 0.25 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_k := 0.05m$ $l_k := 0.05m$ $\lambda_{D,k} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_k := 0.6m$

- Min.villa $d_{k.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Höyrynsulkumuovi
 (Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Runko 150*50 k600 $d_r := 0.15m$ $l_r := 0.05m$ $\lambda_{D,r} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_r := 0.6m$

- Min.villa $d_{r.e} := 0.15m$ $\lambda_{D,r.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{r.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_{k2} := 0.05m$ $l_{k2} := 0.05m$ $\lambda_{D,k2} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 (jaon oltava samakuin
 toisenpuolen koolauksen) $k_{k2} := 0.6m$

- Min.villa $d_{k2.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k2.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k2.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Huokoinen puukuitulevy

$$d_t := 0.025m$$

$$\lambda_{D,t} := 0.053 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

-Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$
(hyvin tuulettuva ilmarako)

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden rungon ja koolaukset sekä siihen kuuluu yksi puiden risteyskohta:

-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: $f_a := \frac{[(k_k - l_k) \cdot (k_r - l_r)]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_a = 0.8403$

-Koolauksien ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{[(k_k - l_k) \cdot l_k]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_b = 0.0764$$

-Rungon ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_c := \frac{[(k_r - l_r) \cdot l_r]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_c = 0.0764$$

-Rungon ja koolauksien risteys osa-alue:

$$f_d := \frac{(l_k \cdot l_r)}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_d = 6.9444 \times 10^{-3}$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,a} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} + R_q + \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} + \frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se}$$

$$R_{T,a} = 7.56 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 5.691 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.c} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2.e}}{\lambda_{D.k2.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.c} = 4.756 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.d} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.d} = 2.887 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja R_T' :

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} + \frac{f_c}{R_{T.c}} + \frac{f_d}{R_{T.d}} \right)} \quad R_{T'} = 6.992 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on kolme epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2.k} := \frac{l_k}{k_k} \quad f_{2.k} = 0.083$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_k - l_k)}{k_k} \quad f_{2.e} = 0.917$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2.k}}{\left(\frac{d_k}{\lambda_{D.k}} \right)} + \frac{f_{2.e}}{\left(\frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} \right)} \right]} \quad R_j = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Rungon ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{3,r} := \frac{l_r}{k_r} \quad f_{3,r} = 0.083$$

$$f_{3,e} := \frac{(k_r - l_r)}{k_r} \quad f_{3,e} = 0.917$$

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{3,r}}{\left(\frac{d_r}{\lambda_{D,r}} \right)} + \frac{f_{3,e}}{\left(\frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \right)} \right]} \quad R_k = 3.416 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-2.Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{4,k} := \frac{l_{k2}}{k_{k2}} \quad f_{4,k} = 0.083$$

$$f_{4,e} := \frac{(k_{k2} - l_{k2})}{k_{k2}} \quad f_{4,e} = 0.917$$

$$R_l := \frac{1}{\left[\frac{f_{4,k}}{\left(\frac{d_{k2}}{\lambda_{D,k2}} \right)} + \frac{f_{4,e}}{\left(\frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} \right)} \right]} \quad R_l = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + R_j + R_q + R_k + R_l + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se} \quad R_{T''} = 6.496 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 6.744 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se jakaa rakenteen kahteen osaan. Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin, jolloin korjaustaso on 1 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_{I,1} := \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} \qquad R_{I,1} = 1.351 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I,2} := \frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} + \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \qquad R_{I,2} = 5.405 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_g = 6.826 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se toimii konvektiokatkona. Jolloin rakenne lasketaan kahdessa osassa. RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_a = 6.826 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \qquad \Delta U = 6.826 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \qquad p = 4.603 \cdot \% \quad \text{jos kokonaiskorjaukset} < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioda}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \qquad U_c = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Puurunko, Min.villa eristys 250mm+huokoinen puukuitulevy

Oletetaan, että koolaukset rungon molemminpuolin samoilla kohdilla

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Kipsilevy $d_l := 0.013m$ $\lambda_{D,l} := 0.25 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_k := 0.05m$ $l_k := 0.05m$ $\lambda_{D,k} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_k := 0.6m$

- Min.villa $d_{k.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Höyrynsulkumuovi
 (Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Runko 150*50 k600 $d_r := 0.15m$ $l_r := 0.05m$ $\lambda_{D,r} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_r := 0.6m$

- Min.villa $d_{r.e} := 0.15m$ $\lambda_{D,r.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{r.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_{k2} := 0.05m$ $l_{k2} := 0.05m$ $\lambda_{D,k2} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 (jaon oltava samakuin toisenpuolen koolauksen) $k_{k2} := 0.6m$

- Min.villa $d_{k2.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k2.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k2.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Huokoinen puukuitulevy

$$d_t := 0.025m$$

$$\lambda_{D,t} := 0.053 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

-Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$
(hyvin tuulettuva ilmarako)

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden rungon ja koolaukset sekä siihen kuuluu yksi puiden risteyskohta:

-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: $f_a := \frac{[(k_k - l_k) \cdot (k_r - l_r)]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_a = 0.8403$

-Koolauksien ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{[(k_k - l_k) \cdot l_k]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_b = 0.0764$$

-Rungon ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_c := \frac{[(k_r - l_r) \cdot l_r]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_c = 0.0764$$

-Rungon ja koolauksien risteys osa-alue:

$$f_d := \frac{(l_k \cdot l_r)}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_d = 6.9444 \times 10^{-3}$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,a} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} + R_q + \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} + \frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se}$$

$$R_{T,a} = 7.56 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 5.691 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.c} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2.e}}{\lambda_{D.k2.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.c} = 4.756 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.d} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.d} = 2.887 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja R_T' :

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} + \frac{f_c}{R_{T.c}} + \frac{f_d}{R_{T.d}} \right)} \quad R_{T'} = 6.992 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on kolme epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2.k} := \frac{l_k}{k_k} \quad f_{2.k} = 0.083$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_k - l_k)}{k_k} \quad f_{2.e} = 0.917$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2.k}}{\left(\frac{d_k}{\lambda_{D.k}} \right)} + \frac{f_{2.e}}{\left(\frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} \right)} \right]} \quad R_j = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Rungon ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{3,r} := \frac{l_r}{k_r} \quad f_{3,r} = 0.083$$

$$f_{3,e} := \frac{(k_r - l_r)}{k_r} \quad f_{3,e} = 0.917$$

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{3,r}}{\left(\frac{d_r}{\lambda_{D,r}} \right)} + \frac{f_{3,e}}{\left(\frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \right)} \right]} \quad R_k = 3.416 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-2.Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{4,k} := \frac{l_{k2}}{k_{k2}} \quad f_{4,k} = 0.083$$

$$f_{4,e} := \frac{(k_{k2} - l_{k2})}{k_{k2}} \quad f_{4,e} = 0.917$$

$$R_l := \frac{1}{\left[\frac{f_{4,k}}{\left(\frac{d_{k2}}{\lambda_{D,k2}} \right)} + \frac{f_{4,e}}{\left(\frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} \right)} \right]} \quad R_l = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + R_j + R_q + R_k + R_l + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se} \quad R_{T''} = 6.496 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 6.744 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se jakaa rakenteen kahteen osaan. Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin, jolloin korjaustaso on 1 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_{I.1} := \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} \qquad R_{I.1} = 1.351 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I.2} := \frac{d_{k2.e}}{\lambda_{D.k2.e}} + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} \qquad R_{I.2} = 5.405 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I.2}}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_g = 6.826 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se toimii konvektiokatkona. Jolloin rakenne lasketaan kahdessa osassa. RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I.1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I.2}}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_a = 6.826 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \qquad \Delta U = 6.826 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \qquad p = 4.603 \cdot \% \quad \text{jos kokonaiskorjaukset} < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \qquad U_c = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Puurunko, Min.villa eristys 250mm+tuulensuojaeristelevy

Oletetaan, että koolaukset rungon molemminpuolin samoilla kohdilla

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Kipsilevy

$$d_l := 0.013m$$

$$\lambda_{D,l} := 0.25 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Koolaus 50*50 k600

$$d_k := 0.05m$$

$$l_k := 0.05m$$

$$\lambda_{D,k} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$k_k := 0.6m$$

- Min.villa

$$d_{k,e} := 0.05m$$

$$\lambda_{D,k,e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_{k,e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan)

$$R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

- Runko 150*50 k600

$$d_r := 0.15m$$

$$l_r := 0.05m$$

$$\lambda_{D,r} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$k_r := 0.6m$$

- Min.villa

$$d_{r,e} := 0.15m$$

$$\lambda_{D,r,e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_{r,e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Koolaus 50*50 k600
(jaon oltava samakuin
toisenpuolen koolauksen)

$$d_{k2} := 0.05m$$

$$l_{k2} := 0.05m$$

$$\lambda_{D,k2} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$k_{k2} := 0.6m$$

- Min.villa

$$d_{k2,e} := 0.05m$$

$$\lambda_{D,k2,e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_{k2,e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Tuulensuojamin.levy

$$d_t := 0.03m$$

$$\lambda_{D,t} := 0.034 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

-Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$
(hyvin tuulettuva ilmarako)

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden rungon ja koolaukset sekä siihen kuuluu yksi puiden risteyskohta:

-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: $f_a := \frac{[(k_k - l_k) \cdot (k_r - l_r)]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_a = 0.8403$

-Koolauksien ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{[(k_k - l_k) \cdot l_k]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_b = 0.0764$$

-Rungon ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_c := \frac{[(k_r - l_r) \cdot l_r]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_c = 0.0764$$

-Rungon ja koolauksien risteys osa-alue:

$$f_d := \frac{(l_k \cdot l_r)}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_d = 6.9444 \times 10^{-3}$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,a} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} + R_q + \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} + \frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se}$$

$$R_{T,a} = 7.971 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 6.102 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.c} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2.e}}{\lambda_{D.k2.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.c} = 5.167 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.d} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.d} = 3.298 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja R_T' :

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} + \frac{f_c}{R_{T.c}} + \frac{f_d}{R_{T.d}} \right)} \quad R_{T'} = 7.417 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on kolme epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2.k} := \frac{l_k}{k_k} \quad f_{2.k} = 0.083$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_k - l_k)}{k_k} \quad f_{2.e} = 0.917$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2.k}}{\left(\frac{d_k}{\lambda_{D.k}} \right)} + \frac{f_{2.e}}{\left(\frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} \right)} \right]} \quad R_j = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Rungon ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{3,r} := \frac{l_r}{k_r} \quad f_{3,r} = 0.083$$

$$f_{3,e} := \frac{(k_r - l_r)}{k_r} \quad f_{3,e} = 0.917$$

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{3,r}}{\left(\frac{d_r}{\lambda_{D,r}} \right)} + \frac{f_{3,e}}{\left(\frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \right)} \right]} \quad R_k = 3.416 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-2.Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{4,k} := \frac{l_{k2}}{k_{k2}} \quad f_{4,k} = 0.083$$

$$f_{4,e} := \frac{(k_{k2} - l_{k2})}{k_{k2}} \quad f_{4,e} = 0.917$$

$$R_l := \frac{1}{\left[\frac{f_{4,k}}{\left(\frac{d_{k2}}{\lambda_{D,k2}} \right)} + \frac{f_{4,e}}{\left(\frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} \right)} \right]} \quad R_l = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + R_j + R_q + R_k + R_l + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se} \quad R_{T''} = 6.907 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 7.162 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.14 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se jakaa rakenteen kahteen osaan. Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen eristyskerros ehjänä läpi, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_{I,1} := \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} \qquad R_{I,1} = 1.351 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I,2} := \frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} + \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \qquad R_{I,2} = 5.405 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_g = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se toimii konvektiokatkona. Jolloin rakenne lasketaan kahdessa osassa. RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.005 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_a = 3.026 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \qquad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \qquad p = 0\% \qquad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \qquad U_c = 0.14 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Puurunko, Min.villa eristys 250mm+tuulensuojaeristelevy

Oletetaan, että koolaukset rungon molemminpuolin samoilla kohdilla

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Kipsilevy $d_l := 0.013m$ $\lambda_{D,l} := 0.25 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_k := 0.05m$ $l_k := 0.05m$ $\lambda_{D,k} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_k := 0.6m$

- Min.villa $d_{k.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Höyrynsulkumuovi
 (Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Runko 150*50 k600 $d_r := 0.15m$ $l_r := 0.05m$ $\lambda_{D,r} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_r := 0.6m$

- Min.villa $d_{r.e} := 0.15m$ $\lambda_{D,r.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{r.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_{k2} := 0.05m$ $l_{k2} := 0.05m$ $\lambda_{D,k2} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 (jaon oltava samakuin toisenpuolen koolauksen) $k_{k2} := 0.6m$

- Min.villa $d_{k2.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k2.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k2.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Tuulensuojamin.levy

$$d_t := 0.03m$$

$$\lambda_{D,t} := 0.034 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

-Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$
(hyvin tuulettuva ilmarako)

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden rungon ja koolaukset sekä siihen kuuluu yksi puiden risteyskohta:

-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: $f_a := \frac{[(k_k - l_k) \cdot (k_r - l_r)]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_a = 0.8403$

-Koolauksien ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{[(k_k - l_k) \cdot l_k]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_b = 0.0764$$

-Rungon ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_c := \frac{[(k_r - l_r) \cdot l_r]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_c = 0.0764$$

-Rungon ja koolauksien risteys osa-alue:

$$f_d := \frac{(l_k \cdot l_r)}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_d = 6.9444 \times 10^{-3}$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,a} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} + R_q + \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} + \frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se}$$

$$R_{T,a} = 7.971 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 6.102 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.c} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2.e}}{\lambda_{D.k2.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.c} = 5.167 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.d} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k2}}{\lambda_{D.k2}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.d} = 3.298 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja R_T' :

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} + \frac{f_c}{R_{T.c}} + \frac{f_d}{R_{T.d}} \right)} \quad R_{T'} = 7.417 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on kolme epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2.k} := \frac{l_k}{k_k} \quad f_{2.k} = 0.083$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_k - l_k)}{k_k} \quad f_{2.e} = 0.917$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2.k}}{\left(\frac{d_k}{\lambda_{D.k}} \right)} + \frac{f_{2.e}}{\left(\frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} \right)} \right]} \quad R_j = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Rungon ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{3,r} := \frac{l_r}{k_r} \quad f_{3,r} = 0.083$$

$$f_{3,e} := \frac{(k_r - l_r)}{k_r} \quad f_{3,e} = 0.917$$

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{3,r}}{\left(\frac{d_r}{\lambda_{D,r}} \right)} + \frac{f_{3,e}}{\left(\frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \right)} \right]} \quad R_k = 3.416 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-2.Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{4,k} := \frac{l_{k2}}{k_{k2}} \quad f_{4,k} = 0.083$$

$$f_{4,e} := \frac{(k_{k2} - l_{k2})}{k_{k2}} \quad f_{4,e} = 0.917$$

$$R_l := \frac{1}{\left[\frac{f_{4,k}}{\left(\frac{d_{k2}}{\lambda_{D,k2}} \right)} + \frac{f_{4,e}}{\left(\frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} \right)} \right]} \quad R_l = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + R_j + R_q + R_k + R_l + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se} \quad R_{T''} = 6.907 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 7.162 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.14 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se jakaa rakenteen kahteen osaan. Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen eristyskerros ehjänä läpi, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_{I,1} := \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} \quad R_{I,1} = 1.351 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I,2} := \frac{d_{k2,e}}{\lambda_{D,k2,e}} + \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \quad R_{I,2} = 5.405 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se toimii konvektiokatkona. Jolloin rakenne lasketaan kahdessa osassa. RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_a'' := 0.005 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_a'' \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_a'' \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 3.026 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioda}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.14 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Puurunko, Min.villa eristys 200mm+tuulensuojaeristelevy

Rakenteessa yksi vaakakoolaus

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Kipsilevy $d_l := 0.013m$ $\lambda_{D,l} := 0.25 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_k := 0.05m$ $l_k := 0.05m$ $\lambda_{D,k} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_k := 0.6m$

- Min.villa $d_{k.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Höyrynsulkumuovi
 (Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Runko 150*50 k600 $d_r := 0.150m$ $l_r := 0.05m$ $\lambda_{D,r} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_r := 0.6m$

- Min.villa $d_{r.e} := 0.150m$ $\lambda_{D,r.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{r.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Tuulensuojamin.levy $d_t := 0.03m$ $\lambda_{D,t} := 0.034 \frac{W}{(m \cdot K)}$

-Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$
 (hyvin tuulettuva ilmarako)

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden rungon ja koolaukset sekä siihen kuuluu yksi puiden risteyskohta:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{\left[(k_k - l_k) \cdot (k_r - l_r) \right]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_a = 0.8403$$

-Koolauksen ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{\left[(k_k - l_k) \cdot l_k \right]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_b = 0.0764$$

-Rungon ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_c := \frac{\left[(k_r - l_r) \cdot l_r \right]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_c = 0.0764$$

-Rungon ja koolauksien risteys osa-alue:

$$f_d := \frac{(l_k \cdot l_r)}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_d = 6.9444 \times 10^{-3}$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + R_q + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.a} = 6.62 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 5.685 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.c} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.c} = 3.816 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.d} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.d} = 2.881 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} + \frac{f_c}{R_{T.c}} + \frac{f_d}{R_{T.d}} \right)} \quad R_{T'} = 6.142 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja $R_{T''}$:

Rakennusosassa on kaksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2.k} := \frac{l_k}{k_k} \quad f_{2.k} = 0.083$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_k - l_k)}{k_k} \quad f_{2.e} = 0.917$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2.k}}{\left(\frac{d_k}{\lambda_{D.k}} \right)} + \frac{f_{2.e}}{\left(\frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} \right)} \right]} \quad R_j = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Rungon ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{3.r} := \frac{l_r}{k_r} \quad f_{3.r} = 0.083$$

$$f_{3.e} := \frac{(k_r - l_r)}{k_r} \quad f_{3.e} = 0.917$$

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{3.r}}{\left(\frac{d_r}{\lambda_{D.r}} \right)} + \frac{f_{3.e}}{\left(\frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} \right)} \right]} \quad R_k = 3.416 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + R_j + R_q + R_k + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se} \quad R_{T''} = 5.768 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 5.955 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se jakaa rakenteen kahteen osaan. Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen eristyskerros ehjänä läpi, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_{I,1} := \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} \quad R_{I,1} = 1.351 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I,2} := \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \quad R_{I,2} = 4.054 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Höyrinsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se toimii konvektiokatkona. Jolloin rakenne lasketaan kahdessa osassa. RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.005 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a''} \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 2.574 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Puurunko, Min.villa eristys 200mm+tuulensuojaeristelevy

Rakenteessa yksi vaakakoolaus

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Kipsilevy $d_l := 0.013m$ $\lambda_{D,l} := 0.25 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Koolaus 50*50 k600 $d_k := 0.05m$ $l_k := 0.05m$ $\lambda_{D,k} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_k := 0.6m$

- Min.villa $d_{k.e} := 0.05m$ $\lambda_{D,k.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{k.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Höyrynsulkumuovi
 (Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Runko 150*50 k600 $d_r := 0.150m$ $l_r := 0.05m$ $\lambda_{D,r} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_r := 0.6m$

- Min.villa $d_{r.e} := 0.150m$ $\lambda_{D,r.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{r.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Tuulensuojamin.levy $d_t := 0.05m$ $\lambda_{D,t} := 0.034 \frac{W}{(m \cdot K)}$

-Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$
 (hyvin tuulettuva ilmarako)

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonais-pinta-ala käsittää yhden rungon ja koolaukset sekä siihen kuuluu yksi puiden risteyskohta:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{\left[(k_k - l_k) \cdot (k_r - l_r) \right]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_a = 0.8403$$

-Koolauksen ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{\left[(k_k - l_k) \cdot l_k \right]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_b = 0.0764$$

-Rungon ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_c := \frac{\left[(k_r - l_r) \cdot l_r \right]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_c = 0.0764$$

-Rungon ja koolauksien risteys osa-alue:

$$f_d := \frac{(l_k \cdot l_r)}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_d = 6.9444 \times 10^{-3}$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + R_q + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.a} = 7.208 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_q + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 6.273 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.c} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D.l}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.c} = 4.404 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T,d} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + \frac{d_k}{\lambda_{D,k}} + R_q + \frac{d_r}{\lambda_{D,r}} + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se}$$

$$R_{T,d} = 3.469 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T,a}} + \frac{f_b}{R_{T,b}} + \frac{f_c}{R_{T,c}} + \frac{f_d}{R_{T,d}} \right)} \quad R_{T'} = 6.752 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja $R_{T''}$:

Rakennusosassa on kaksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2,k} := \frac{l_k}{k_k} \quad f_{2,k} = 0.083$$

$$f_{2,e} := \frac{(k_k - l_k)}{k_k} \quad f_{2,e} = 0.917$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,k}}{\left(\frac{d_k}{\lambda_{D,k}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Rungon ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{3,r} := \frac{l_r}{k_r} \quad f_{3,r} = 0.083$$

$$f_{3,e} := \frac{(k_r - l_r)}{k_r} \quad f_{3,e} = 0.917$$

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{3,r}}{\left(\frac{d_r}{\lambda_{D,r}} \right)} + \frac{f_{3,e}}{\left(\frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \right)} \right]} \quad R_k = 3.416 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + \frac{d_l}{\lambda_{D,l}} + R_j + R_q + R_k + \frac{d_t}{\lambda_{D,t}} + R_{se} \quad R_{T''} = 6.357 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 6.554 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Höyrynsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se jakaa rakenteen kahteen osaan. Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen eristyskerros ehjänä läpi, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_{I,1} := \frac{d_{k,e}}{\lambda_{D,k,e}} \quad R_{I,1} = 1.351 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I,2} := \frac{d_{r,e}}{\lambda_{D,r,e}} \quad R_{I,2} = 4.054 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Höyrinsulkumuovi on rakenteen sisällä, jolloin se toimii konvektiokatkona. Jolloin rakenne lasketaan kahdessa osassa. RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.005 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \left(\frac{R_{I,1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a''} \left(\frac{R_{I,2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 2.125 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Betonirunko, Min.villa eristys 200mm+tuulensuojaeristelevy

Ristikoolattu apupuurunko

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Betoni

$$d_b := 0.15m$$

$$\lambda_{D.b} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Runko 150*50 k600

$$d_r := 0.15m$$

$$l_r := 0.05m$$

$$\lambda_{D.r} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$k_r := 0.6m$$

- Min.villa

$$d_{r.e} := 0.15m$$

$$\lambda_{D.r.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_{r.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Koolaus 50*50 k600

$$d_k := 0.05m$$

$$l_k := 0.05m$$

$$\lambda_{D.k} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$k_k := 0.6m$$

- Min.villa

$$d_{k.e} := 0.05m$$

$$\lambda_{D.k.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_{k.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Tuulensuojamin.levy

$$d_t := 0.03m$$

$$\lambda_{D.t} := 0.034 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

-Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$
(hyvin tuulettuva ilmarako)

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden rungon ja koolaukset sekä siihen kuuluu yksi puiden risteyskohta:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{[(k_k - l_k) \cdot (k_r - l_r)]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_a = 0.8403$$

-Koolauksien ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{[(k_k - l_k) \cdot l_k]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_b = 0.0764$$

-Rungon ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_c := \frac{[(k_r - l_r) \cdot l_r]}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_c = 0.0764$$

-Rungon ja koolauksien risteys osa-alue:

$$f_d := \frac{(l_k \cdot l_r)}{(k_k \cdot k_r)} \quad f_d = 6.9444 \times 10^{-3}$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.a} = 6.639 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 5.704 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.c} := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.c} = 3.835 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.d} := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + \frac{d_r}{\lambda_{D.r}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

$$R_{T.d} = 2.9 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} + \frac{f_c}{R_{T.c}} + \frac{f_d}{R_{T.d}} \right)} \quad R_{T'} = 6.162 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja $R_{T''}$:

Rakennusosassa on kolme epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Rungon ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2.r} := \frac{l_r}{k_r} \quad f_{2.r} = 0.083$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_r - l_r)}{k_r} \quad f_{2.e} = 0.917$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2.r}}{\left(\frac{d_r}{\lambda_{D.r}} \right)} + \frac{f_{2.e}}{\left(\frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} \right)} \right]} \quad R_j = 3.416 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Koolauksen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{3.k} := \frac{l_k}{k_k} \quad f_{3.k} = 0.083$$

$$f_{3.e} := \frac{(k_k - l_k)}{k_k} \quad f_{3.e} = 0.917$$

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{3.k}}{\left(\frac{d_k}{\lambda_{D.k}} \right)} + \frac{f_{3.e}}{\left(\frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} \right)} \right]} \quad R_k = 1.139 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + R_j + R_k + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se} \quad R_{T''} = 5.787 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 5.975 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Lämmöneristyskerrokset asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen eristyskerros ehjänä läpi, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_I := \frac{d_{r.e}}{\lambda_{D.r.e}} + \frac{d_{k.e}}{\lambda_{D.k.e}} \quad R_I = 5.405 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Rakenteessa ei konvektiokatkoa. Jolloin rakenne lasketaan yhdessä osassa ja RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.005 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_a \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_a = 4.092 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \qquad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \qquad p = 0\% \qquad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \qquad U_c = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Betonirunko, Min.villa eristys 200mm+tuulensuojaeristelevy

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Betoni $d_b := 0.15m$ $\lambda_{D.b} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Min.villa $d_e := 0.200m$ $\lambda_{D.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_e := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Tuulensuojamin.levy $d_t := 0.03m$ $\lambda_{D.t} := 0.034 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$
(hyvin tuulettuva ilmarako)

- Tiilisiteet $n_f := 4 \frac{1}{m^2}$ $\phi_f := 4mm$ $\lambda_f := 17 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$A_f := \pi \left(\frac{\phi_f}{2} \right)^2 \quad A_f = 1.26 \times 10^{-5} m^2$$

Laskenta:

Rakenne on tasa-aineinen, jolloin kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Lämmöneristyskerrokset asennetaan tiiviisti toisiaan puskuun, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_I := \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \qquad R_I = 5.405 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_g = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kylmäsilloista aiheutuva korjaustekijä ΔU_f :

-Rakenteessa eristekerroksen läpi menevät tiilisiteet, jolloin RIL 225-2004 Taulukko D2.

$$\alpha := 6m^{-1}$$

Kylmäsiltojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_f := \alpha \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f \qquad \Delta U_f = 5.127 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Rakenteessa ei konvektiokatkoa. Jolloin rakenne lasketaan yhdessä osassa ja RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.005 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_a = 3.315 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g + \Delta U_f \quad \Delta U = 5.127 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 3.4\% \quad \text{, jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioda}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U + \Delta U_a \quad U_c = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Betonirunko, Min.villa eristys 220mm+rappaus

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Betoni $d_b := 0.15m$ $\lambda_{D.b} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Min.villa $d_e := 0.220m$ $\lambda_{D.e} := 0.036 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_e := 50 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Rappaus $d_t := 0.03m$ $\lambda_{D.t} := 1.00 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Kiinnitys siteet $n_f := 4 \frac{1}{m^2}$ $\phi_f := 4mm$ $\lambda_f := 17 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$A_f := \pi \left(\frac{\phi_f}{2} \right)^2 \quad A_f = 1.26 \times 10^{-5} m^2$$

Laskenta:

Rakenne on tasa-aineinen, jolloin kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Lämmöneristyskerrokset asennetaan tiiviisti toisiaan puskuun, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_I := \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \qquad R_I = 6.111 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_g = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kylmäsilloista aiheutuva korjaustekijä ΔU_f :

-Rakenteessa eristekerroksen läpi menevät tiilisiteet, jolloin RIL 225-2004 Taulukko D2.

$$\alpha := 6m^{-1}$$

Kylmäsiltojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_f := \alpha \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f \qquad \Delta U_f = 5.127 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Rakenteessa ei konvektiokatkoa. Jolloin rakenne lasketaan yhdessä osassa ja RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.000 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_a = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g + \Delta U_f \quad \Delta U = 5.127 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 3.28\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U + \Delta U_a \quad U_c = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Betonirunko, Min.villa eristys 240mm+rappaus

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Betoni $d_b := 0.15m$ $\lambda_{D.b} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Min.villa $d_e := 0.240m$ $\lambda_{D.e} := 0.039 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_e := 30 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Rappaus $d_t := 0.01m$ $\lambda_{D.t} := 1.00 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Kiinnitys siteet $n_f := 4 \frac{1}{m^2}$ $\phi_f := 4mm$ $\lambda_f := 17 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$A_f := \pi \left(\frac{\phi_f}{2} \right)^2 \quad A_f = 1.26 \times 10^{-5} m^2$$

Laskenta:

Rakenne on tasa-aineinen, jolloin kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Lämmöneristyskerrokset asennetaan tiiviisti toisiaan puskuun, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_I := \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \qquad R_I = 6.154 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_g = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kylmäsilloista aiheutuva korjaustekijä ΔU_f :

-Rakenteessa eristekerroksen läpi menevät tiilisiteet, jolloin RIL 225-2004 Taulukko D2.

$$\alpha := 6m^{-1}$$

Kylmäsiltojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_f := \alpha \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f \qquad \Delta U_f = 5.127 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Rakenteessa ei konvektiokatkoa. Jolloin rakenne lasketaan yhdessä osassa ja RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.000 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_a = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g + \Delta U_f \quad \Delta U = 5.127 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 3.29\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioda}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U + \Delta U_a \quad U_c = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Betoni sandwich, Min.villa eristys 240mm

Eristeen laskenta paksuus painumisen jälkeen 5mm pienempi

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Betoni

$$d_b := 0.08m$$

$$\lambda_{D.b} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Min.villa

$$d_e := 0.235m$$

$$\lambda_{D.e} := 0.035 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_e := 50 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Betoni

$$d_t := 0.08m$$

$$\lambda_{D.t} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

-Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Kiinnitys siteet

$$n_f := 6 \frac{1}{m^2}$$

$$\phi_f := 5mm$$

$$\lambda_f := 17 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$A_f := \pi \left(\frac{\phi_f}{2} \right)^2 \quad A_f = 1.96 \times 10^{-5} m^2$$

Laskenta:

Rakenne on tasa-aineinen, jolloin kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.14 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Lämmöneristyskerrokset asennetaan tiiviisti toisiaan puskuun, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_I := \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \qquad R_I = 6.714 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_g = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kylmäsilloista aiheutuva korjaustekijä ΔU_f :

-Rakenteessa eristekerroksen läpi menevät siteet, jolloin RIL 225-2004 Taulukko D2.

$$\alpha := 6m^{-1}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_f := \alpha \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f \qquad \Delta U_f = 0.012 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Rakenteessa ei konvektiokatkoa. Jolloin rakenne lasketaan yhdessä osassa ja RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.000 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_a = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen urituksesta aiheutuva lisä ΔU_u :

-Huomioidaan eristeen uritus korjaustekijällä

$$\Delta U_u := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g + \Delta U_f \quad \Delta U = 0.012 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 8.39\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U + \Delta U_a + \Delta U_u \quad U_c = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoseinä: Tiilirunko, Min.villa eristys 200mm+tuulensuojaeristelevy

Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Tiili $d_b := 0.13m$ $\lambda_{D.b} := 1.30 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Min.villa $d_e := 0.200m$ $\lambda_{D.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_e := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Tuulensuojamin.levy $d_t := 0.03m$ $\lambda_{D.t} := 0.034 \frac{W}{(m \cdot K)}$

-Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa sivullepäin $R_{se} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$
(hyvin tuulettuva ilmarako)

- Tiilisiteet $n_f := 4 \frac{1}{m^2}$ $\phi_f := 4mm$ $\lambda_f := 17 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$A_f := \pi \left(\frac{\phi_f}{2} \right)^2 \quad A_f = 1.26 \times 10^{-5} m^2$$

Laskenta:

Rakenne on tasa-aineinen, jolloin kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + \frac{d_t}{\lambda_{D.t}} + R_{se}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.15 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

- Lämmöneristyskerrokset asennetaan tiiviisti toisiaan puskuun, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristyskerroksien lämmönvastukset:

$$R_I := \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \qquad R_I = 5.405 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_g = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kylmäsilloista aiheutuva korjaustekijä ΔU_f :

-Rakenteessa eristekerroksen läpi menevät tiilisiteet, jolloin RIL 225-2004 Taulukko D2.

$$\alpha := 6m^{-1}$$

Kylmäsiltojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_f := \alpha \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f \qquad \Delta U_f = 5.127 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Rakenteessa ei konvektiokatkoa. Jolloin rakenne lasketaan yhdessä osassa ja RIL 225-2004 taulukon 7. mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.005 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_a = 3.306 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g + \Delta U_f \quad \Delta U = 5.127 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 3.41 \cdot \% \quad \text{, jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioda}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN+C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U + \Delta U_a \quad U_c = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Tuuletettu yläpohja: Puurakenteinen, Min.villa eristys 100mm + kivivillapuhalluseristys 1 (LE1)

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Alapaarre 100*50 k900 $d_v := 0.100m$ $l_v := 0.05m$ $\lambda_{D.v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_v := 0.9m$

- Min.villa
paarteen kohdalla $d_{v.e} := 0.100m$ $\lambda_{D.v.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{v.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Puhalluseriste min.villa
(painuma 5%) $d_e := 0.420m$ $\lambda_{D.e} := 0.040 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_e := 400 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

-Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Ullakkotilan ilmatila $R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden alapaarteen kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Paarteen ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.a} = 13.563 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D.v}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.b} = 11.693 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} \right)} \quad R_{T'} = 13.443 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on yksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Alapaarteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2,v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2,v} = 0.06$$

$$f_{2,e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2,e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_v}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 2.403 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 13.263 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 13.353 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.07 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen kerros päälle, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 13.203 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b ja kaksi erilaista villaa, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskerroimet

Puhalluseriste:

$$\Delta U_{a1}'' := 0.02 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Pehmeäeriste:

$$\Delta U_{a2}'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevien lämmöneristysten lämmönvastukset:

$$R_{I.e1} := \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.e1} = 10.5 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I.e2} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} \quad R_{I.e2} = 2.703 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a1}'' \cdot \left(\frac{R_{I.e1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a2}'' \cdot \left(\frac{R_{I.e2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 0.013 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Tuuletettu yläpohja: Puurakenteinen, Min.villa eristys 100mm + kivivillapuhalluseristys 2 (LE1)

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Alapäärre 100*50 k900 $d_v := 0.100m$ $l_v := 0.05m$ $\lambda_{D,v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_v := 0.9m$

- Min.villa
paarteen kohdalla $d_{v,e} := 0.100m$ $\lambda_{D,v,e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{v,e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Puhalluseriste min.villa
(painuma 5%) $d_e := 0.460m$ $\lambda_{D,e} := 0.044 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_e := 400 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

-Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Ullakkotilan ilmatila $R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden alapaarten kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Paarten ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T,a} = 13.517 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T,b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D,v}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T,b} = 11.648 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T,a}} + \frac{f_b}{R_{T,b}} \right)} \quad R_{T'} = 13.398 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on yksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Alapaarteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2,v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2,v} = 0.06$$

$$f_{2,e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2,e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_v}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 2.403 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 13.218 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 13.308 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.08 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen kerros päälle, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 13.157 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b ja kaksi erilaista villaa, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskertoimet

Puhalluseriste:

$$\Delta U_{a1}'' := 0.02 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Pehmeäeriste:

$$\Delta U_{a2}'' := 0.01 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevien lämmöneristysten lämmönvastukset:

$$R_{I.e1} := \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.e1} = 10.455 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I.e2} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} \quad R_{I.e2} = 2.703 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a1}'' \cdot \left(\frac{R_{I.e1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a2}'' \cdot \left(\frac{R_{I.e2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 0.013 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Tuuletettu yläpohja: Puurakenteinen, Min.villa eristys 100mm + lasivillapuhalluseristys 1 (LE1)

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Alapäärre 100*50 k900 $d_v := 0.100m$ $l_v := 0.05m$ $\lambda_{D.v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$k_v := 0.9m$$

- Min.villa
paarteen kohdalla $d_{v.e} := 0.100m$ $\lambda_{D.v.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_{v.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Puhalluseriste min.villa
(painuma 5%) $d_e := 0.350m$ $\lambda_{D.e} := 0.039 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_e := 225 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

-Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Ullakkotilan ilmatila $R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden alapaarteen kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Paarteen ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.a} = 12.037 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D.v}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.b} = 10.168 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} \right)} \quad R_{T'} = 11.915 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on yksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukse

-Alapaarteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2,v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2,v} = 0.06$$

$$f_{2,e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2,e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_v}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 2.403 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 11.738 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 11.826 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.08 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen kerros päälle, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 11.677 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b ja kaksi erilaista villaa, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskerroimet

Puhalluseriste:

$$\Delta U_{a1}'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Pehmeäeriste:

$$\Delta U_{a2}'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevien lämmöneristysten lämmönvastukset:

$$R_{I.e1} := \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.e1} = 8.974 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I.e2} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} \quad R_{I.e2} = 2.703 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a1}'' \cdot \left(\frac{R_{I.e1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a2}'' \cdot \left(\frac{R_{I.e2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 6.281 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioda}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Tuuletettu yläpohja: Puurakenteinen, Min.villa eristys 100mm + lasivillapuhalluseristys 2 (LE1)

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Alapäärre 100*50 k900 $d_v := 0.100m$ $l_v := 0.05m$ $\lambda_{D,v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_v := 0.9m$

- Min.villa
paarteen kohdalla $d_{v,e} := 0.100m$ $\lambda_{D,v,e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{v,e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Puhalluseriste min.villa
(painuma 5%) $d_e := 0.430m$ $\lambda_{D,e} := 0.041 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_e := 460 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

-Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Ullakkotilan ilmatila $R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden alapaarten kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Paarten ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T,a} = 13.551 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T,b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D,v}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T,b} = 11.681 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T,a}} + \frac{f_b}{R_{T,b}} \right)} \quad R_{T'} = 13.431 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on yksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Alapaarteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2,v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2,v} = 0.06$$

$$f_{2,e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2,e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_v}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 2.403 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 13.251 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 13.341 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.07 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen kerros päälle, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 13.191 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b ja kaksi erilaista villaa, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskertoimet

Puhalluseriste:

$$\Delta U_{a1}'' := 0.02 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Pehmeäeriste:

$$\Delta U_{a2}'' := 0.01 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevien lämmöneristysten lämmönvastukset:

$$R_{I.e1} := \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.e1} = 10.488 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I.e2} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} \quad R_{I.e2} = 2.703 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a1}'' \cdot \left(\frac{R_{I.e1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a2}'' \cdot \left(\frac{R_{I.e2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 0.013 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0.0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Tuuletettu yläpohja: Puurakenteinen, Min.villa eristys 100mm + puukuitu-puhalluseristys (LE1)

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Alapäärre 100*50 k900 $d_v := 0.100m$ $l_v := 0.05m$ $\lambda_{D.v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_v := 0.9m$

- Min.villa
paarteen kohdalla $d_{v.e} := 0.100m$ $\lambda_{D.v.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{v.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Puhalluseriste puukuitu
(painuma 20%) $d_e := 0.340m$ $\lambda_{D.e} := 0.038 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_e := 130 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

-Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Ullakkotilan ilmatila $R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden alapaarteen kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Paarteen ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.a} = 12.01 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D.v}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.b} = 10.141 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} \right)} \quad R_{T'} = 11.888 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on yksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Alapaarteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2,v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2,v} = 0.06$$

$$f_{2,e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2,e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_v}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 2.403 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 11.711 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 11.799 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.08 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen kerros päälle, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 11.65 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b ja kaksi erilaista villaa, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskerroimet

Puhalluseriste:

$$\Delta U_{a1}'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Pehmeäeriste:

$$\Delta U_{a2}'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevien lämmöneristysten lämmönvastukset:

$$R_{I.e1} := \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.e1} = 8.947 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I.e2} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} \quad R_{I.e2} = 2.703 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a1}'' \cdot \left(\frac{R_{I.e1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a2}'' \cdot \left(\frac{R_{I.e2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 6.275 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0. \% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Tuuletettu yläpohja: Puurakenteinen, Kivivillapuhalluseristys 1 (LE2)

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Alapaarre 100*50 k900 $d_v := 0.100m$ $l_v := 0.05m$ $\lambda_{D.v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_v := 0.9m$

- Puhalluseriste min.villa
paarteen kohdalla
(painuma 5%) $d_{v.e} := 0.100m$ $\lambda_{D.v.e} := 0.040 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{v.e} := 400 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Puhalluseriste min.villa
(painuma 5%) $d_e := 0.430m$ $\lambda_{D.e} := 0.040 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_e := 400 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

-Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Ullakkotilan ilmatila $R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden alapaarteen kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Paarteen ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.a} = 13.61 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D.v}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.b} = 11.943 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} \right)} \quad R_{T'} = 13.505 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on yksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Alapaarteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2,v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2,v} = 0.06$$

$$f_{2,e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2,e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_v}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 2.25 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 13.36 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 13.433 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.07 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen kerros päälle, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysksen lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 13.25 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.02 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevän lämmöneristyksen lämmönvastus:

$$R_{I.e} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.e} = 13.25 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I.e}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 0.019 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Tuuletettu yläpohja: Puurakenteinen, Kivivillapuhalluseristys 2 (LE2)

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan)

$$R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

- Alapaarre 100*50 k900

$$d_v := 0.100m$$

$$l_v := 0.05m$$

$$\lambda_{D,v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$k_v := 0.9m$$

- Puhalluseriste min.villa
paarteen kohdalla
(painuma 5%)

$$d_{v,e} := 0.100m$$

$$\lambda_{D,v,e} := 0.044 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_{v,e} := 400 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Puhalluseriste min.villa
(painuma 5%)

$$d_e := 0.480m$$

$$\lambda_{D,e} := 0.044 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_e := 400 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin

$$R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

- Pintavastus ulkopinnassa

$$R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

- Ullakkotilan ilmatila

$$R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden alapaarten kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Paarten ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T,a} = 13.542 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T,b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D,v}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T,b} = 12.102 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T,a}} + \frac{f_b}{R_{T,b}} \right)} \quad R_{T'} = 13.453 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on yksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Alapaarteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2,v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2,v} = 0.06$$

$$f_{2,e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2,e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_v}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 2.074 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 13.343 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 13.398 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.07 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen kerros päälle, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 13.182 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_a'' := 0.02 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevän lämmöneristyksen lämmönvastus:

$$R_{I,e} := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_{I,e} = 13.182 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_a'' \cdot \left(\frac{R_{I,e}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 0.019 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Tuuletettu yläpohja: Puurakenteinen, Lasivillapuhalluseristys 1 (LE2)

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Alapäärre 100*50 k900 $d_v := 0.100m$ $l_v := 0.05m$ $\lambda_{D.v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_v := 0.9m$

- Puhalluseriste min.villa
paarteen kohdalla
(painuma 5%) $d_{v.e} := 0.100m$ $\lambda_{D.v.e} := 0.039 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_{v.e} := 225 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Puhalluseriste min.villa
(painuma 5%) $d_e := 0.360m$ $\lambda_{D.e} := 0.039 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_e := 225 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

-Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Ullakkotilan ilmatila $R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden alapaarteen kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Paarteen ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.a} = 12.155 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D.v}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.b} = 10.424 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} \right)} \quad R_{T'} = 12.044 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on yksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Alapaarteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2,v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2,v} = 0.06$$

$$f_{2,e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2,e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_v}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 2.299 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 11.89 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 11.967 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.08 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen kerros päälle, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 11.795 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevän lämmöneristyksen lämmönvastus:

$$R_{I.e} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.e} = 11.795 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I.e}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 9.715 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Tuuletettu yläpohja: Puurakenteinen, Lasivillapuhalluseristys 2 (LE2)

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Alapaarre 100*50 k900 $d_v := 0.100m$ $l_v := 0.05m$ $\lambda_{D,v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_v := 0.9m$

- Min.villa
paarteen kohdalla $d_{v,e} := 0.100m$ $\lambda_{D,v,e} := 0.041 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{v,e} := 460 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Puhalluseriste min.villa
(painuma 5%) $d_e := 0.440m$ $\lambda_{D,e} := 0.041 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_e := 460 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

-Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

-Ullakkotilan ilmatila $R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden alapaarten kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Paarten ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T,a} = 13.531 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T,b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D,v}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T,b} = 11.925 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T,a}} + \frac{f_b}{R_{T,b}} \right)} \quad R_{T'} = 13.43 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on yksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Alapaarteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2,v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2,v} = 0.06$$

$$f_{2,e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2,e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_v}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 2.203 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 13.295 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 13.363 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.07 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen kerros päälle, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 13.171 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b, jolloin
RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.02 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevän lämmöneristyksen lämmönvastus:

$$R_{I,e} := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_{I,e} = 13.171 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I,e}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 0.019 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Tuuletettu yläpohja: Puurakenteinen, Puukuitupuhalluseristys (LE2)

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan)

$$R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

- Alapäärre 100*50 k900

$$d_v := 0.100m$$

$$l_v := 0.05m$$

$$\lambda_{D.v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$k_v := 0.9m$$

- Puhalluserite puukuitu
paarteen kohdalla
(painuma 20%)

$$d_{v.e} := 0.100m$$

$$\lambda_{D.v.e} := 0.038 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_{v.e} := 130 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Puhalluseriste puukuitu
(painuma 20%)

$$d_e := 0.340m$$

$$\lambda_{D.e} := 0.038 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_e := 130 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

-Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin

$$R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Pintavastus ulkopinnassa

$$R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Ullakkotilan ilmatila

$$R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden alapaarteen kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Paarteen ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.a} = 11.939 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D.v}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.b} = 10.141 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} \right)} \quad R_{T'} = 11.822 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on yksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Alapaarteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2,v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2,v} = 0.06$$

$$f_{2,e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2,e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_v}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 2.35 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 11.657 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 11.74 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja yhtenäinen kerros päälle, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysksen lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 11.579 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevän lämmöneristyksen lämmönvastus:

$$R_{I.e} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.e} = 11.579 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I.e}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 9.728 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Tuuletettu yläpohja: Puurakenteinen, Mineraalilevyvilla (LE2)

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Alapäärre 100*50 k900 $d_v := 0.100m$ $l_v := 0.05m$ $\lambda_{D,v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $k_v := 0.9m$

- Mineraalivilla $d_{v,e} := 0.100m$ $\lambda_{D,v,e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_{v,e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Mineraalivilla $d_e := 0.350m$ $\lambda_{D,e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$
 $L_e := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$

- Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Ullakkotilan ilmatila $R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden alapaarten kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Paarten ja lämmöneristeen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T,a} = 12.522 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T,b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D,v}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T,b} = 10.653 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T,a}} + \frac{f_b}{R_{T,b}} \right)} \quad R_{T'} = 12.401 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja R_T'' :

Rakennusosassa on yksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Alapaarteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset

$$f_{2.v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2.v} = 0.06$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2.e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2.v}}{\left(\frac{d_v}{\lambda_{D.v}} \right)} + \frac{f_{2.e}}{\left(\frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} \right)} \right]} \quad R_j = 2.403 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 12.223 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 12.312 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.08 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin ja limittäiset kerrokset päälle, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_I = 12.162 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b, jolloin
RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.01 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevän lämmöneristyksen lämmönvastus:

$$R_{I,e} := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_{I,e} = 12.162 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I,e}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 9.758 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 0\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Tuuletettu vinoyläpohja: Puurakenteinen, Mineraalilevyvilla

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Höyrynsulkumuovi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Kattokannake:
(eristeen kohdan paksuus)

$$d_v := 0.575 \cdot m$$

$$l_v := 0.05m$$

$$\lambda_{D.v} := 0.12 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$k_v := 0.9m$$

- Mineraalivilla

$$d_{v.e} := 0.525m$$

$$\lambda_{D.v.e} := 0.037 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_{v.e} := 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Tuulensuojamineraalivilla

$$d_e := 0.050m$$

$$\lambda_{D.e} := 0.034 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

$$L_e := 30 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Ullakkotilan ilmatila $R_u := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Osa-aluiden suhteelliset pinta-alat runkorakenteen jaon perusteella. Laskettava kokonaispinta-ala käsittää yhden kattokannatteen kohdan:

$$\text{-Pelkän lämmöneristeen osa-alue: } f_a := \frac{(k_v - l_v) \cdot k_v}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_a = 0.94$$

-Kattokannatteen osa-alue:

$$f_b := \frac{(k_v \cdot l_v)}{(k_v \cdot k_v)} \quad f_b = 0.06$$

Kunkin osa-alueen kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.a} := R_{si} + R_q + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + R_{se} + R_u$$

$$R_{T.a} = 16.02 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{T.b} := R_{si} + R_q + \frac{d_v}{\lambda_{D.v}} + R_{se}$$

$$R_{T.b} = 4.952 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen yläraja $R_{T'}$:

$$R_{T'} := \frac{1}{\left(\frac{f_a}{R_{T.a}} + \frac{f_b}{R_{T.b}} \right)} \quad R_{T'} = 14.25 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Kokonaislämmönvastuksen alaraja $R_{T''}$:

Rakennusosassa on kaksi epätasa-aineista ainekerrosta, joille lasketaan lämmönvastukset:

-Kattokannatteen ja lämmöneristeen kohdan osuudet ja lämmönvastukset:

$$f_{2.v} := \frac{l_v}{k_v} \quad f_{2.v} = 0.06$$

$$f_{2.e} := \frac{(k_v - l_v)}{k_v} \quad f_{2.e} = 0.94$$

$$R_j := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \right)} \right]} \quad R_j = 12.617 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

-Kattokannatteen ja tuuleneristyslämmöneristeen kohdan lämmönvastukset:

$$R_k := \frac{1}{\left[\frac{f_{2,v}}{\left(\frac{d_e}{\lambda_{D,v}} \right)} + \frac{f_{2,e}}{\left(\frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \right)} \right]} \quad R_k = 1.289 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Joiden perusteella alaraja:

$$R_{T''} := R_{si} + R_q + R_j + R_k + R_{se} + R_u \quad R_{T''} = 14.266 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Rakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan keskiarvona ylä- ja ala-arvosta:

$$R_T := \frac{(R_{T'} + R_{T''})}{2} \quad R_T = 14.258 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.07 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiiviisti koolausten väliin, jolloin korjaustaso on 1 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 15.66 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0.012 \frac{kg}{K \cdot s^3}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuuletettu yläpohja, suojaustapa b ja kaksi erilaista villaa, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskertoimet

-Tuulensuojamineraalivilla:

$$\Delta U_{a1} := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

-Mineraalivilla:

$$\Delta U_{a2} := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevien lämmöneristysten lämmönvastukset:

$$R_{I.e1} := \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.e1} = 1.471 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I.e2} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} \quad R_{I.e2} = 14.189 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a1} \cdot \left(\frac{R_{I.e1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a2} \cdot \left(\frac{R_{I.e2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 9.903 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g \quad \Delta U = 0.012 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 17.2\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_g + \Delta U_a \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ontelolaatta yläpohja: Mineraalilevyvillaeristys

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Ontelolaatta $d_b := 0.265m$ $\lambda_{D.b} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Höyrynsulkukermi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pohjamineriaalivilla $d_{v.e} := 0.450m$ $\lambda_{D.v.e} := 0.039 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_{v.e} := 20 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Pintamineriaalivilla $d_e := 0.030m$ $\lambda_{D.e} := 0.038 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_e := 15 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Kermit $d_k := 0.010m$ $\lambda_{D.k} := 0.23 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Kiinnikkeet $n_f := 2 \frac{1}{m^2}$ $\phi_f := 4mm$ $\lambda_f := 17 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$A_f := \pi \left(\frac{\phi_f}{2} \right)^2 \quad A_f = 1.26 \times 10^{-5} m^2$$

Laskenta:

Rakenne on tasa-aineinen, jolloin kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + R_q + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_{se}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.08 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiivistä limittäin,
jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_I = 12.328 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Kylmäsilloista aiheutuva korjaustekijä ΔU_f :

-Rakenteessa eristekerroksen läpi menevät kiinnikkeet,
jolloin RIL 225-2004 Taulukko D2.

$$\alpha := 5m^{-1}$$

Kylmäsiltojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_f := \alpha \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f \quad \Delta U_f = 2.136 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on heikosti tuuletettu yläpohja, suojaustapa a ja kaksi erilaista villaa, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskertoimet

-Pintamineraalivilla:

$$\Delta U_{a1} := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

-Pohjamineraalivilla:

$$\Delta U_{a2} := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevien lämmöneristysten lämmönvastukset:

$$R_{I.e1} := \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.e1} = 0.789 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I.e2} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} \quad R_{I.e2} = 11.538 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a1} \cdots \left(\frac{R_{I.e1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a2} \cdots \left(\frac{R_{I.e2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen urituksesta aiheutuva lisä ΔU_u :

-Huomioidaan eristeen uritus korjaustekijällä

$$\Delta U_u := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g + \Delta U_f \quad \Delta U = 2.136 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 2.7\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U + \Delta U_a + \Delta U_u \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

TT-laatta yläpohja: Mineraalilevyvillaeristys

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- TT-laatta $d_b := 0.05m$ $\lambda_{D.b} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Höyrynsulkukermi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pohjamineriaalivilla $d_{v.e} := 0.450m$ $\lambda_{D.v.e} := 0.039 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_{v.e} := 20 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Pintamineriaalivilla $d_e := 0.030m$ $\lambda_{D.e} := 0.038 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_e := 15 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Kermit $d_k := 0.010m$ $\lambda_{D.k} := 0.23 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Kiinnikkeet $n_f := 2 \frac{1}{m^2}$ $\phi_f := 4mm$ $\lambda_f := 17 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$A_f := \pi \left(\frac{\phi_f}{2} \right)^2 \quad A_f = 1.26 \times 10^{-5} m^2$$

Laskenta:

Rakenne on tasa-aineinen, jolloin kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + R_q + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + R_{se}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.08 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiivistä limittäin,
jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_I = 12.328 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Kylmäsilloista aiheutuva korjaustekijä ΔU_f :

-Rakenteessa eristekerroksen läpi menevät kiinnikkeet,
jolloin RIL 225-2004 Taulukko D2.

$$\alpha := 5m^{-1}$$

Kylmäsiltojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_f := \alpha \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f \quad \Delta U_f = 2.136 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on heikosti tuuletettu yläpohja, suojaustapa a ja kaksi erilaista villaa, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskertoimet

-Pintamineraalivilla:

$$\Delta U_{a1} := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

-Pohjamineraalivilla:

$$\Delta U_{a2} := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevien lämmöneristysten lämmönvastukset:

$$R_{I.e1} := \frac{d_e}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.e1} = 0.789 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I.e2} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} \quad R_{I.e2} = 11.538 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a1} \cdots \left(\frac{R_{I.e1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a2} \cdots \left(\frac{R_{I.e2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen urituksesta aiheutuva lisä ΔU_u :

-Huomioidaan eristeen uritus korjaustekijällä

$$\Delta U_u := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g + \Delta U_f \quad \Delta U = 2.136 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 2.7\% \quad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_a + \Delta U_u$$

$$U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Profiilipelti yläpohja: Mineraalilevyvillaeristys

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Pintamineraalivilla $d_p := 0.030m$ $\lambda_{D,p} := 0.038 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_p := 15 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Höyrynsulkukermi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pohjamineraalivilla $d_{v,e} := 0.420m$ $\lambda_{D,v,e} := 0.039 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_{v,e} := 20 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Pintamineraalivilla $d_e := 0.030m$ $\lambda_{D,e} := 0.038 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$L_e := 15 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{(m \cdot s \cdot Pa)}$$

- Kermit $d_k := 0.010m$ $\lambda_{D,k} := 0.23 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin $R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus ulkopinnassa $R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Kiinnikkeet $n_f := 2 \frac{1}{m^2}$ $\phi_f := 4mm$ $\lambda_f := 17 \frac{W}{(m \cdot K)}$

$$A_f := \pi \left(\frac{\phi_f}{2} \right)^2 \quad A_f = 1.26 \times 10^{-5} m^2$$

Laskenta:

Rakenne on tasa-aineinen, jolloin kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_p}{\lambda_{D,p}} + R_q + \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} + \frac{d_k}{\lambda_{D,k}} + R_{se}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.08 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiivistä limittäin,
jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_p}{\lambda_{D,p}} + \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_I = 12.348 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Kylmäsilloista aiheutuva korjaustekijä ΔU_f :

-Rakenteessa eristekerroksen läpi menevät kiinnikkeet,
jolloin RIL 225-2004 Taulukko D2.

$$\alpha := 5m^{-1}$$

Kylmäsiltojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_f := \alpha \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f \quad \Delta U_f = 2.136 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on heikosti tuuletettu yläpohja, suojaustapa a ja kaksi erilaista villaa, jolloin RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskertoimet

-Pintamineraalivillat:

$$\Delta U_{a1} := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

-Pohjamineraalivilla:

$$\Delta U_{a2} := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevien lämmöneristysten lämmönvastukset:

$$R_{I.e1} := \frac{d_p}{\lambda_{D,p}} + \frac{d_e}{\lambda_{D,e}} \quad R_{I.e1} = 1.579 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$R_{I.e2} := \frac{d_{v,e}}{\lambda_{D,v,e}} \quad R_{I.e2} = 10.769 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a1} \cdot \left(\frac{R_{I.e1}}{R_T} \right)^2 + \Delta U_{a2} \cdot \left(\frac{R_{I.e2}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen urituksesta aiheutuva lisä ΔU_u :

-Huomioidaan eristeen uritus korjaustekijällä

$$\Delta U_u := 0.01 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g + \Delta U_f \quad \Delta U = 2.136 \times 10^{-3} \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p := \frac{\Delta U}{U} \quad p = 2.7\% \quad \text{jos kokonaiskorjaukset} < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U_a + \Delta U_u \quad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Käännetty katto: XPS-eristys

Rakennekerrokset sisäpinnasta ylöspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Ontelolaatta	$d_o := 0.265m$	$\lambda_{D.o} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$
- Kermit	$d_k := 0.010m$	$\lambda_{D.k} := 0.23 \frac{W}{(m \cdot K)}$
- XPS-eriste	$d_{v.e} := 0.370m$	$\lambda_{D.v.e} := 0.036 \frac{W}{(m \cdot K)}$
- Pintabetoni	$d_b := 0.080m$	$\lambda_{D.b} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$
- Pintavastus sisäpinnassa ylöspäin	$R_{si} := 0.10 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$	
- Pintavastus ulkopinnassa	$R_{se} := 0.04 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$	

Laskenta:

Rakenne on tasa-aineinen, jolloin kokonaislämmönvastus:

$$R_T := R_{si} + \frac{d_o}{\lambda_{D.o}} + \frac{d_k}{\lambda_{D.k}} + \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + R_{se}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U := \frac{1}{R_T} \quad U = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

-Lämmöneristyskerros asennetaan tiivistä limittään,
jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U'' := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus:

$$R_I := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} \quad R_I = 10.278 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_g := \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_I}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_g = 0$$

Eristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä ΔU_a :

-Kyseessä on tuulettamaton yläpohja, suojaustapa a, jolloin
RIL 225-2004 kohdan 6.3.4 mukaan korjauskerroin

$$\Delta U_{a''} := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmaaläpäisevien lämmöneristysten lämmönvastukset:

$$R_{I.e} := \frac{d_{v.e}}{\lambda_{D.v.e}} \quad R_{I.e} = 10.278 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_a := \Delta U_{a''} \cdot \left(\frac{R_{I.e}}{R_T} \right)^2 \quad \Delta U_a = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Käännettyjen kattojen korjaustekijä ΔU_r :

- Eristykseen tunkeutuvasta vedestä aiheutuva lämpöhäviön suurentuminen
- Laskelman tekohetkellä ohjeistusta käytettävistä laskenta-arvoista ei ollut julkaistu. Pintarakenne hyvin vettä pidättävä, niin oletetaan arvot 0:ksi

- Keskimääräinen sademäärä
lämmityskaudella

$$p := 0.0 \frac{mm}{day}$$

- Kuivatustekijä

$$f := 0.0$$

- Lämmönhäviön lisäys

$$x := 0.0 \cdot \frac{(W \cdot day)}{(m^2 \cdot K \cdot mm)}$$

Ilmanläpäisevyyden korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_r := p \cdot f \cdot x \cdot \left(\frac{R_{I,e}}{R_T} \right)^2 \qquad \Delta U_a = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Eristeen urituksesta aiheutuva lisä ΔU_u :

- Eristeen uritus lämpimällä puolella ja niitä ei ole tuuletettu. Urituksen tarkoitus toimia mahdollisen veden kulkureitteinä. Tarvittaessa uritus voidaan huomioida lisäyksellä

$$\Delta U_u := 0.00 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjaukset (EN mukaan):

$$\Delta U := \Delta U_g + \Delta U_r \qquad \Delta U = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Kokonaiskorjauksen osuus U:sta:

$$p_{\text{kor}} := \frac{\Delta U}{U} \qquad p = 0\% \qquad \text{,jos kokonaiskorjaukset } < 3\%, \text{ korjauksia ei tarvitse huomioida}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c (EN + C4:n ilmanläpäisevyys):

$$U_c := U + \Delta U + \Delta U_a + \Delta U_u \qquad U_c = 0.09 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmönläpäisykertoimen laskenta

Maanvastainen perusmuuri: Teräsbetoniseinä, EPS-eristys 150/200mm

Rakennekerrokset sisäpinnasta alaspäin ($\lambda_D = \lambda_{\text{Design}}$):

- Teräsbetoniseinä $d_b := 0.15m$ $\lambda_{D.b} := 1.65 \frac{W}{(m \cdot K)}$

- Kosteudeneristyskermi
(Ohut ainekerros C4 mukaan) $R_q := 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- EPS-120-eriste yläosa
(reuna-alue) $d_{e.r} := 0.200m$

- EPS-120-eriste alaosa
(sisä-alue) $d_{e.s} := 0.150m$

$$\lambda_{D.e} := 0.036 \frac{W}{(m \cdot K)}$$

- Salaojasora 200mm $R_s := 0.2 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Perusmaa reuna-alue: $R_{b.r} := 0.40 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$ sisä-alue: $R_{b.s} := 1.6 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

- Pintavastus sisäpinnassa sivullepäin $R_{si} := 0.13 \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Laskenta:

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,r} := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + R_q + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{D.e}} + R_s + R_{b.r} \quad R_{T,r} = 6.396 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_r := \frac{1}{R_{T,r}} \quad U_r = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,r}$:

-Lämmöneristyskerros tehdään useasta limitetystä eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U_{r''} := 0 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus: $R_{I,r} := \frac{d_{e,r}}{\lambda_{D,e}}$ $R_{I,r} = 5.556 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

Ilmarakojen korjaustekijä lasketaan kaavalla:

$$\Delta U_{g,r} := \Delta U_{r''} \cdot \left(\frac{R_{I,r}}{R_{T,r}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,r} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c,r}$:

$$U_{c,r} := U_r + \Delta U_{g,r} \quad U_{c,r} = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T,s} := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D,b}} + R_q + \frac{d_{e,s}}{\lambda_{D,e}} + R_s + R_{b,s} \quad R_{T,s} = 6.208 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_s := \frac{1}{R_{T,s}} \quad U_s = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä $\Delta U_{g,s}$:

-Lämmöneristyskerros tehdään useasta eristyskerroksesta, jolloin korjaustaso on 0 /RIL 225-2004 D.2/. Tällöin korjauskerroin

$$\Delta U_{s''} := 0.00 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Lämmöneristysten lämmönvastus: $R_{I,s} := \frac{d_{e,s}}{\lambda_{D,e}}$ $R_{I,s} = 4.167 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$

$$\Delta U_{g,s} := \Delta U_{s''} \cdot \left(\frac{R_{I,s}}{R_{T,s}} \right)^2 \quad \Delta U_{g,s} = 0 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle $U_{c,s}$:

$$U_{c,s} := U_s + \Delta U_{g,s} \quad U_{c,s} = 0.16 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Energiatodistus laskuissa käytettävät u-arvot:

-Tällöin ei maanlämmönvastusta saa huomioida. Huomioidaan kuitenkin kapillaarikatkosorakerros, koska sen huomioon ottamista ei kielletä.

Reuna-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.r.e} := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + R_q + \frac{d_{e.r}}{\lambda_{D.e}} + R_s \qquad R_{T.r.e} = 5.996 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{r.e} := \frac{1}{R_{T.r.e}} \qquad U_{r.e} = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

$$\text{Lämmöneristyksen lämmönvastus: } R_{I.r.e} := \frac{d_{e.r}}{\lambda_{D.e}} \qquad R_{I.r.e} = 5.556 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Ilmarakojen korjaustekijä:

$$\Delta U_{g.e} := \Delta U_{r.e} \cdot \left(\frac{R_{I.r.e}}{R_{T.r.e}} \right)^2 \qquad \Delta U_{g.e} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin reuna-alueelle $U_{c.r.e}$:

$$U_{c.r.e} := U_{r.e} + \Delta U_{g.e} \qquad U_{c.r.e} = 0.17 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Sisä-alue:

Kokonaislämmönvastus:

$$R_{T.s.e} := R_{si} + \frac{d_b}{\lambda_{D.b}} + R_q + \frac{d_{e.s}}{\lambda_{D.e}} + R_s \quad R_{T.s.e} = 4.608 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

Lämmönläpäisykerroin (ilman korjausta):

$$U_{s.e} := \frac{1}{R_{T.s.e}} \quad U_{s.e} = 0.22 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Ilmarakojen korjaustekijä ΔU_g :

$$\text{Lämmöneristysten lämmönvastus: } R_{I.s.e} := \frac{d_{e.s}}{\lambda_{D.e}} \quad R_{I.s.e} = 4.167 \cdot \frac{(m^2 \cdot K)}{W}$$

$$\Delta U_{g.e.s} := \Delta U_s \cdot \left(\frac{R_{I.s.e}}{R_{T.s.e}} \right)^2 \quad \Delta U_{g.e.s} = 0$$

Korjattu lämmönläpäisykerroin sisä-alueelle energialaskuissa $U_{c.s.e}$:

$$U_{c.s.e} := U_{s.e} + \Delta U_{g.e.s} \quad U_{c.s.e} = 0.22 \cdot \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$